Esgotamento sanitário

Amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgoto

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

Promoção Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE

Instituições integrantes do Nucase Universidade Federal de Minas Gerais (líder) | Universidade Federal do Espírito Santo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Universidade Estadual de Campinas

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS

Patrocínio FEAM/Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Comitê gestor da ReCESA

- Ministério das Cidades
- Ministério da Ciência e Tecnologia
- Ministério do Meio Ambiente
- Ministério da Educação
- Ministério da Integração Nacional
- Ministério da Saúde
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES)
- Caixa Econômica Federal (CAIXA)

Comitê consultivo da ReCESA

- Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH
- Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP
- Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE
- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE
- Conselho de Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica – Concefet
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA
- Federação de Órgão para a Assistência Social e Educacional – FASE
- Federação Nacional dos Urbanitários – FNU
- Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – Fncbhs
- Fórum Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras – Forproex
- Fórum Nacional Lixo e Cidadania – L&C
- Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental – FNSA
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM
- Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS
- Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel
- Rede Brasileira de Capacitação em Recursos Hídricos – Cap-Net Brasil

Parceiros do Nucase

- Cedae/RJ – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
- Cesan/ES – Companhia Espírito Santense de Saneamento
- Comlurb/RJ – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
- Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
- DLU/Campinas – Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas
- Fundação Rio-Águas
- Incaper/ES – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
- IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
- SAAE/Itabira – Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Itabira – MG.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SANASA/Campinas – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
- SLU/PBH – Serviço de Limpeza Urbana da prefeitura de Belo Horizonte
- Sudecap/PBH – Superintendência de Desenvolvimento da Capital da Prefeitura de Belo Horizonte
- UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
- UNIVALE – Universidade Vale do Rio Doce

Esgotamento sanitário

Amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgoto

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

E74 Esgotamento sanitário :amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgoto : guia do profissional em treinamento : nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília : Ministério das Cidades, 2008. 91 p.

E74 Nota: Realização do NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (Conselho Editorial Temático: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo; Edson Aparecido Abdul Nour; Isaac Volschan Junior e Ricardo Franci Gonçalves).

E74 1. Saneamento. 2. Saúde pública. 3. Água – Aspectos ambientais. 4. Água – Poluição. 5. Água – Qualidade. 6. Microbiologia – Manuais de laboratório. Físico-quimica – Manuais de laboratório. I. Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

CDD – 628.1

Catalogação da Fonte : Ricardo Miranda – CRB/6-1598

Conselho Editorial Temático

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo – DESA – EE – UFMG
Edson Aparecido Abdul Nour – DAS – FEC – Unicamp
Isaac Volschan Júnior – DRHMA – POLI – UFRJ
Ricardo Franci Gonçalves – DEA – CT – UFES

Profissionais que participaram da elaboração deste guia

Professor Sérvio Túlio Cassini
Consultores Eduardo Lucas Subtil | Gloria Suzana Meléndez Bastos (conteudistas)
Lívia Cristina da Silva Lobato| Eliane Prado C. C. Santos (colaboradoras)
Izabel Chiodi Freitas (validadora)

Créditos

Consultoria Pedagógica
Cátedra da Unesco de Educação à Distância – FAE/UFMG
Juliane Correa | Sara Shirley Belo Lança

Projeto Gráfico e Diagramação
Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi

Apresentação da ReCESA

A criação do **Ministério das Cidades** no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental** (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e de redução das desigualdades sociais.

Trata-se de uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007-2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações em capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA** constitui importante iniciativa nessa direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias, visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados núcleos regionais e um comitê gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que o projeto ReCESA tem sido bastante desafiador para todos nós, que constituímos um grupo, predominantemente formado por profissionais da engenharia, que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário “contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal”.

Comitê gestor da ReCESA

Nucase

O **Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase** tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, nos quatro estados da região sudeste do Brasil.

O Nucase é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, tendo como instituições co-executoras a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e a Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Atendendo aos requisitos de abrangência temática e de capilaridade regional, as universidades que integram o Nucase têm como parceiros, em seus estados, prestadores de serviços de saneamento e entidades específicas do setor.

Coordenadores institucionais do Nucase

Os guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo Nucase é composta de 42 guias que serão utilizados em oficinas de capacitação para profissionais que atuam na área do saneamento. São seis guias que versam sobre o manejo de águas pluviais urbanas, doze relacionados aos sistemas de abastecimento de água, doze sobre sistemas de esgotamento sanitário, nove que contemplam os resíduos sólidos urbanos e três terão por objeto temas que perpassam todas as dimensões do saneamento, denominados temas transversais.

Dentre as diversas metas estabelecidas pelo Nucase, merece destaque a produção dos **Guias dos profissionais em treinamento**, que servirão de apoio às oficinas de capacitação de operadores em saneamento que possuem grau de escolaridade variando do semi-alfabetizado ao terceiro grau. Os guias têm uma identidade visual e uma abordagem pedagógica que visa estabelecer um diálogo e a troca de conhecimentos entre os profissionais em treinamento e os instrutores. Para isso, foram tomados cuidados especiais com a forma de abordagem dos conteúdos, tipos de linguagem e recursos de interatividade.

Equipe da central de produção de material didático – CPMD

Apresentação da área temática:

Esgotamento sanitário

A série de guias relacionada ao esgotamento sanitário resultou do trabalho coletivo que envolveu a participação de dezenas de profissionais. Os temas que compõem esta série foram definidos por meio de uma consulta a companhias de saneamento, prefeituras, serviços autônomos de água e esgoto, instituições de ensino e pesquisa e profissionais da área, com o objetivo de se definir os temas que a comunidade técnica e científica da região Sudeste considera, no momento, os mais relevantes para o desenvolvimento do projeto Nucase.

Os temas abordados nesta série dedicada ao esgotamento sanitário incluem: *Qualidade da água e controle da poluição; Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos; Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos; Processos de tratamento de esgotos; Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos; Amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos; Gerenciamento, tratamento* e *disposição final de lodos gerados em ETEs*. Certamente há muitos outros temas importantes a serem abordados, mas considera-se que este é um primeiro e importante passo para que se tenha material didático, produzido no Brasil, destinado a profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

Coordenadores da área temática de esgotamento sanitário

Sumário

Introdução

Caro Profissional

Você já deve ter conhecido alguém com diarréia ou talvez você mesmo já tenha sofrido uma diarréia aguda subitamente. Você deve conhecer também os inúmeros problemas ambientais e de saúde pública ocasionados pela falta de saneamento adequado. Deparamo-nos com a seguinte questão: O que podemos fazer para melhorar esse quadro ambiental e social?

Todos sabem que o tratamento dos esgotos melhora as condições sanitárias locais, minimiza a degradação ambiental, reduz os focos de poluição e contaminação, reduz os recursos aplicados no tratamento de doenças e no tratamento de água para abastecimento das comunidades a jusante dos pontos de lançamento. Enfim, o tratamento dos esgotos gerados nas cidades é de extrema importância para a qualidade da água e para a saúde da população. Mas você imagina a importância do seu trabalho para a sociedade e para o meio ambiente?

Para um sistema de tratamento de esgoto ter impacto positivo no ambiente e na saúde pública é preciso que o mesmo tenha um efetivo controle operacional, o qual só pode ser alcançado através de um adequado programa de monitoramento. Nesse contexto, a realização de análises físico-químicas e microbiológicas é de extrema importância para garantir o bom funcionamento do sistema de tratamento de esgotos. Os resultados das análises laboratoriais irão definir as medidas a serem tomadas pelos operadores e pelos gestores para manter o sistema em bom funcionamento. Resultados inconsistentes podem acarretar uma opção errônea de operação, o que pode prejudicar a eficiência do sistema de tratamento, com impactos negativos na qualidade do curso d'água.

Nesta oficina de capacitação, cujo tema é "Amostragem, Preservação e Caracterização Físico-Química e Microbiológica de Esgoto", vamos discutir diversos assuntos relacionados ao seu trabalho, trocar experiências, esclarecer dúvidas, relembrar o que já foi esquecido, aprender coisas novas e aprender a ver os desafios com um olhar reelaborado. Além disso, nessa oficina de capacitação, queremos discutir mais do que a sua rotina de trabalho, queremos discutir a importância do seu trabalho para o meio ambiente e para a população.

Os principais objetivos desta oficina de capacitação são:

- Aprimorar os seus conhecimentos em relação às técnicas de amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos.
- Refletir sobre a correlação entre os problemas ambientais e de saúde pública com as técnicas de amostragem, preservação, caracterização físico-química e microbiológica de esgoto.

- Alcançar soluções, por meio de troca de conhecimentos e experiências entre os participantes, para os problemas identificados nas técnicas de amostragem, preservação, caracterização físico-química e microbiológica de esgoto.

Na tentativa de melhor alcançarmos nossos objetivos, organizamos este guia em quatro conceitos-chave:

- Esgotamento Sanitário: saúde pública e meio ambiente.
- Noções de química.
- Amostragem e preservação de amostras.
- Caracterização físico-química e microbiológica.

A função deste guia é orientá-lo durante a oficina de capacitação, desta maneira, para cada conceito-chave são apresentados os objetivos, as atividades propostas e os assuntos abordados.

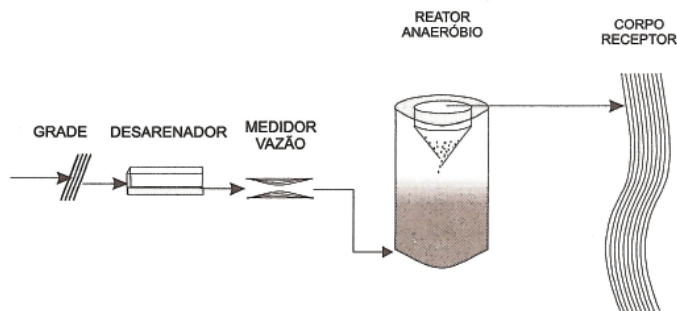
Você é um profissional que, certamente, já passou por muitas experiências importantes em seu trabalho e na sua casa. Apostamos que tem muito a ensinar, aprender e trocar conosco e com os seus colegas.

A sua participação nas atividades é muito importante para o desenvolvimento de uma oficina proveitosa e agradável. Não deixe de expor suas dúvidas e comentários.

Bom proveito!

Nossa primeira atividade será um exercício individual relacionado ao seu trabalho.

Situação do dia a dia

Considere que ao final do dia, você precisou comparar os resultados das análises de alguns dos parâmetros monitorados em uma Estação de Tratamento de Esgotos com o seguinte fluxograma.

Fonte: Adaptado Von Sperling (2005)

Amostra	Parâmetro (mg/L)					
	Amônia			Alcalinidade		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Afluente reator UASB	43	30	32	219	213	210
Afluente reator UASB	35	39	48	273	276	268

a) Você sabe o objetivo do monitoramento de estações de tratamento de esgotos? Qual a importância do mesmo para a qualidade da água e para a saúde pública?

....

....

....

b) Você conhece os parâmetros monitorados? O que eles significam? Qual a importância sanitária desses parâmetros?

....

....

....

c) Os resultados das análises foram coerentes? Justifique sua resposta.

....

....

....

d) Quais fatores podem ter afetado os resultados das análises?

....

....

....

No final da oficina, vamos reelaborar essa questão!

OBJETIVOS:

- Refletir sobre a relação entre o trabalho do profissional da área de sistema de esgotamento sanitário e os problemas ambientais e de saúde pública.

- Refletir sobre a situação atual do esgotamento sanitário no Brasil.

- Relembrar a importância dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de caracterização de esgotos.

Esgotamento sanitário: saúde pública e ambiental

Nesse conceito chave, vamos discutir um pouco os impactos provocados pela inexistência de serviços adequados de saneamento, sobretudo o esgotamento sanitário, na saúde pública e no meio ambiente.

Para começar, vamos solidificar os conceitos de saúde pública e saneamento.

Saneamento e saúde

Vamos iniciar a nossa discussão sobre saneamento e saúde, através da leitura do fragmento de texto "Reflexão do dia Mundial da Água"

Para ler e refletir

Reflexão do Dia Mundial da Água

Hoje, a questão da água não se resume somente a sua escassez em várias partes do mundo, mas, principalmente, ao desperdício e à poluição das fontes de abastecimento. Neste ponto específico da poluição dos mananciais, a falta de saneamento é um fator agravante, tanto do ponto de vista da agressão ao meio ambiente quanto de saúde pública em todo o planeta.

Sabemos que a falta de saneamento aumenta significativamente as doenças de veiculação hídricas, tais como diarréias, o cólera, a dengue e a esquistossomose. Para cada real investido em saneamento são economizados outros cinco reais em tratamentos de saúde pública. O Relatório da Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) aponta que o Brasil ainda apresenta índices baixos de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgotos.

Reflita e se manifeste...

Para você o que é saúde? E saneamento?
Qual a relação existente entre saúde e saneamento?
Qual a importância do seu trabalho para a saúde e para o meio ambiente?

A Organização Mundial da Saúde (OMS) fornece as seguintes definições para saúde e saneamento.

Saúde é o estado de completo bem estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade.

Saúde Pública é a ciência e a arte de prevenir doenças, prolongar a vida e promover a saúde e a eficiência física e mental, através de esforços organizados da comunidade, no sentido de realizar o saneamento do meio e o controle de doenças infecto-contagiosas; promover a educação do indivíduo baseada em princípios de higiene pessoal; organizar serviços médicos e de enfermagem para diagnóstico precoce e tratamento preventivo de doenças; desenvolver a maquinaria social, de modo a assegurar, a cada indivíduo da comunidade, um padrão de vida adequado à manutenção da saúde.

Saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social.

Como o saneamento controla fatores que podem prejudicar o ambiente e a saúde da população? Através de uma série de medidas com a finalidade de alcançar a salubridade ambiental. Dentre essas medidas, destacam-se: o abastecimento de água; a coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos e das águas residuárias; o manejo de águas pluviais. Todas essas medidas têm a finalidade de melhorar a qualidade de vida urbana e rural.

Além desses serviços básicos, existem ainda outras atividades, na esfera do saneamento, que são essenciais para proporcionar ao homem um ambiente que lhe garanta condições adequadas para a promoção da sua saúde. Essas outras atividades incluem: o controle da poluição ambiental do solo, da água, do ar e sonora; controle de vetores; higiene dos alimentos, das residências, dos locais de trabalho e de recreação.

Salubridade ambiental é a condição de limpeza em que vive uma determinada população, com o potencial de evitar a disseminação de doenças.

É fácil perceber a relação existente entre os conceitos de saúde e saneamento. A ausência ou insuficiência de serviços de saneamento ocasionam várias conseqüências para a população, dentre elas:

- A ausência de sistemas adequados de esgotamento sanitário obriga as comunidades a conviverem com seus próprios dejetos, agravando os riscos de mortalidade devido a doenças transmissíveis por veiculação hídrica ou por vetores.
- A ausência de abastecimento de água, além de agravar igualmente as condições de saúde, não possibilita os cuidados com a higiene pessoal e doméstica.
- As formas inadequadas de disposição de lixo urbano, como lixões, à céu aberto ou nos cursos d'água, afetam o ambiente, poluindo o solo, a água, o ar, destruindo fauna e flora e prejudicando as comunidades locais que passam a conviver com agentes patogênicos e vetores transmissores de doenças.
- A falta ou insuficiência de sistemas de drenagem urbana ocasionam as enchentes e inundações e levam ao aparecimento de doenças como a lepstospirose.

Nesse contexto, observa-se que os serviços de saneamento são fundamentais para a saúde pública.

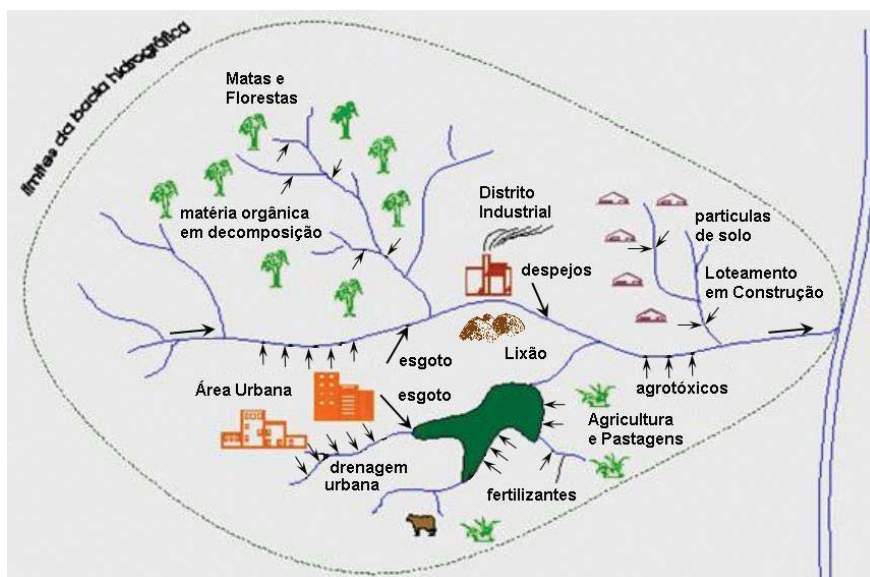
Você sabia que em nosso país...

Menos da metade dos municípios possuem coleta de esgoto?
Dos municípios que possuem coleta de esgoto sanitário, apenas um pouco mais de 1/3 tratam o esgoto sanitário? O restante não possui nenhum tipo de tratamento para o esgoto produzido.

Qualidade da água

Para entender mais sobre as questões que envolvem a qualidade da água vamos trabalhar inicialmente o conceito de bacia hidrográfica.

Reflita e se manifeste...

O que é uma bacia hidrográfica?
Observando a figura a seguir, reflita sobre como a bacia hidrográfica influencia a qualidade de um manancial?
Ainda observando a figura, relacione problemas no sistema de esgotamento sanitário com problemas no sistema de abastecimento de água, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem urbana.

Fonte: Adaptado Von Sperling (2005)

Bacia Hidrográfica é uma área natural cujos limites são definidos pelos pontos mais altos do relevo (divisores de água ou espigões dos montes ou montanhas) e dentro da qual a água das chuvas é drenada superficialmente por um curso d'água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, ou seja, na foz do curso d'água.

Mas, afinal, o que determina a qualidade da água dos mananciais? Como acabamos de ver, as condições naturais e o uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica são fatores determinantes.

As condições naturais, como tipo de relevo, solo e vegetação influem no escoamento superficial, na infiltração resultante das chuvas e na deposição de sólidos, com conseqüências diretas na qualidade da água.

A seu turno, o uso e a ocupação **antrópica** da região da bacia hidrográfica, tais como a urbanização, com a conseqüente geração de esgoto sanitário e resíduos sólidos, e a agricultura, com a utilização de agrotóxicos, introduzem substâncias prejudiciais à qualidade das águas dos mananciais.

Antrópico: relativo à ação do homem sobre a natureza.

A ocupação de uma bacia hidrográfica precisa ser sempre planejada, sendo necessário avaliar a influência das formas de uso e ocupação do solo sobre os cursos d'água, destinar os esgotos e os resíduos adequadamente, evitar o uso de agrotóxicos em plantações próximas a cursos d'água. O não planejamento da ocupação da bacia hidrográfica pode trazer diversas conseqüências para o meio ambiente e para a saúde pública.

A importância das bacias hidrográficas para a garantia do desenvolvimento e da qualidade de vida das populações é tão grande que, modernamente, o planejamento governamental e a atuação das comunidades tendem a ser feitos por bacias hidrográficas.

É importante ressaltar que o planejamento do uso e ocupação do solo e o manejo dos recursos hídricos devem ser realizados no âmbito da bacia hidrográfica, seguindo o conceito de **desenvolvimento sustentável**.

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, ou seja, não esgotar os recursos para o futuro.

Vamos percorrer a bacia hidrográfica virtual!

Vimos que o manejo adequado do solo e dos recursos hídricos é essencial para a preservação da qualidade da água. Contudo, para garantir os principais requisitos de qualidade da água em razão dos seus usos previstos, é necessário conhecer as principais fontes de poluição das águas e as suas conseqüências.

Poluição das águas

Reflita e se manifeste...

Para você, o que é poluição? E contaminação?

Poluição das águas é a adição de substâncias que alteram a natureza do curso d'água, prejudicando os usos que dele são feitos, a saúde, a segurança e o bem-estar da população.

Contaminação é a presença, de seres patogênicos, que provocam doenças, ou substâncias, em concentração nociva ao ser humano.

As fontes de poluição são várias, podendo ter origem natural ou serem resultado das atividades humanas. As principais fontes de poluição das águas são: efluentes domésticos e industriais, resíduos sólidos, carreamento de sólidos, pesticidas fertilizantes e detergentes.

A poluição das águas é originada de diferentes fontes, mas é certo que todas trazem conseqüências negativas para o meio ambiente e para a qualidade de vida das pessoas. As principais conseqüências da poluição das águas são: impactos sobre a qualidade de vida da população, veiculação de doenças, prejuízos aos usos da água, agravamento dos problemas de escassez da água, elevação do custo do tratamento de água, desequilíbrios ecológicos e degradação da paisagem.

Dentre as fontes de poluição das águas, os esgotos são os principais responsáveis pela degradação da qualidade dos cursos d'água.

O principal problema de poluição dos cursos d'água no Brasil é a redução do teor de oxigênio dissolvido (OD), devido à atividade dos microrganismos aeróbios na degradação da matéria orgânica, introduzida pelo lançamento de esgotos.

As águas residuárias contêm **agentes etiológicos** de vários tipos de doenças (febre tifóide e paratifóide, diarréias infecciosas, amebíase, ascaridíase, esquistossomose, entre outras). Dessa forma, se lançados no ambiente, podem favorecer a perpetuação dos ciclos biológicos dos agentes patogênicos de doenças de veiculação hídrica.

Agente etiológico é o agente causador ou responsável pela origem de uma doença. São chamados também de agente patogênico. Podem ser vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos.

Os esgotos também são ricos em nutrientes (nitrogênio e fósforo), os quais são fontes de alimentação para diversos organismos aquáticos, como as plantas e os microrganismos heterotróficos. O excesso de nutrientes pode levar a um crescimento excessivo das plantas aquáticas ocasionando a eutrofização dos cursos d'água.

Vamos completar o quadro a seguir, com as fontes e os efeitos poluidores dos principais poluentes presentes nos esgotos, e os seus respectivos parâmetros de caracterização.

Poluentes	Parâmetros de caracterização	Fontes	Consequências
Sólidos em suspensão			
Sólidos flutuantes			
Matéria orgânica biodegradável			
Patogênicos			
Nutrientes			
Compostos não biodegradáveis			
Metais pesados			

Quais são os parâmetros de caracterização de esgoto adotados pela ETE na qual você trabalha? Você tiraria ou colocaria outro(s) parâmetro(s)?

Após relembrarmos alguns pontos sobre a poluição das águas, poderemos atuar com maior responsabilidade na rotina laboratorial, contribuindo para um bom funcionamento do sistema de tratamento, bem como para a minimização de impactos sobre o abastecimento de água de outras comunidades e para a preservação da bacia hidrográfica.

Mas, como garantir a qualidade da água ao longo do corpo receptor após o ponto de lançamento de um despejo? Para isso existe uma legislação ambiental específica, associada à qualidade das águas, embasada nos seus usos previstos, que distingue os padrões de lançamento e de corpo receptor, os quais serão discutidos a seguir.

Padrões ambientais: padrão de lançamento e padrão de corpos d'água

Você já sabe que os requisitos de qualidade da água definem, de maneira conceitual, a qualidade desejada para uma água em função do seu uso previsto. Todavia, esses requisitos não especificam quais os parâmetros de qualidade da água devem ser observados e quais os valores desses parâmetros para cada uso previsto da água.

Para contemplar essa necessidade, são estabelecidos os padrões de qualidade, embasados por suporte legal. São de especial interesse os padrões para corpos d'água e os padrões de lançamento, preconizados pelo Ministério de Meio Ambiente e legislações estaduais.

No Brasil, a lei que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água divide as águas doces em diferentes classes, em função dos usos predominantes.

Uso da água	classe				
	especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	X	X	X	X	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Recreação de contato primário		X	X		
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Irrigação		X	X	X	
Pesca			X	X	
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X

Fonte: resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

Para cada uma dessas classes, a qualidade a ser mantida no corpo d'água é determinada por duas vias, pelos padrões de lançamento de efluentes e pelos padrões de corpos d'água.

Principais padrões de qualidade da água

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água			
		1	2	3	4
DBO	mg/L	3	5	10	
OD	mg/L	6	5	4	2
Coliformes termotolerantes	org/100mL	200	1000	2500	

Fonte: resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

Os padrões de lançamento de efluentes são balizados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução nº 357. Essa Resolução estabelece que os órgãos ambientais (federal, estaduais e municipais) deverão estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de poluentes nos corpos receptores, de modo a não comprometer as metas estabelecidas pelo enquadramento para o corpo d'água.

Permite-se o lançamento dos efluentes nos cursos d`água desde que os padrões do corpo receptor e de lançamento de efluentes sejam atendidos. Caso o efluente não satisfaça os padrões de lançamento, mas satisfaça os padrões do corpo receptor, o órgão ambiental poderá autorizar lançamentos com valores acima dos padrões de lançamento, acompanhado de estudos ambientais que garantam o uso preponderante da classe em questão.

Como você avalia a legislação? Com base em seu trabalho, você considera os valores previstos por lei exeqüíveis no cotidiano de uma ETE?

Nesse conceito chave discutimos: a relação entre saneamento e saúde pública, a relação entre qualidade da água e planejamento do uso e ocupação do solo em uma bacia, sobre os principais poluentes encontrados nos esgotos e sobre alguns aspectos de legislação ambiental. No próximo conceito chave, vamos relembrar algumas noções de química que serão úteis na discussão dos vários aspectos relacionados a amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos, tema principal da nossa oficina de capacitação.

Noções de Química

OBJETIVOS:

- Discutir os conhecimentos prévios de Química e reformular os conceitos básicos.

- Reformular e ampliar as formas de expressar e calcular soluções.

- Reforçar a importância de se entender as especificações dos produtos.

Os profissionais responsáveis pelas análises físico-químicas e microbiológicas de esgotos podem realizar diversas atividades, tais como: preparar o material necessário para a coleta de amostras, preparar soluções e vidrarias para a realização das análises e avaliar os resultados obtidos nas análises.

Alguns conceitos básicos de Química são importantes para a realização dessas atividades, por exemplo, na interpretação correta das especificações contidas nos produtos utilizados para o preparo de soluções, que fornecem as características do produto, sua composição e teor de pureza. A interpretação incorreta dessas especificações pode ocasionar erros no preparo das soluções e, conseqüentemente, a erros de análise e de interpretação.

Neste momento, vamos relembrar um pouco sobre átomos, moléculas, cátions, ânions, soluto, solvente e outros conceitos. Não se preocupe se você não se lembrar de alguns destes nomes, vamos recordar o significado de todos eles ao longo deste conceito chave.

Conceitos básicos

Você lembra o conceito de elemento químico?

> **Elemento químico** é uma substância que não pode ser decomposta em algo simples por uma reação química. Cada elemento recebe um nome e um símbolo. Você pode observá-los na tabela periódica.

Número atômico · Massa relativa · Número de oxidação · Símbolo · Nome · Densidade (g/mL)

6	12,011
	±2;4
	C
2,26	Carbono

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,0079 +1 0,071 Hidrogênio																	2 He 4,0026 0 0,126 Hélio
3 Li 6,941 +1 0,53 Lítio	4 Be 9,0122 +2 1,85 Berílio											5 B 10,811 +3 2,34 Boro	6 C 12,011 ±2,4 2,26 Carbono	7 N 14,007 ±1;2;3;+4,5 0,81 Nitrogênio	8 O 15,999 -2;1 1,14 Oxigênio	9 F 18,998 -1 1,11 Flúor	10 Ne 20,18 0 1,2 Neônio
11 Na 22,99 +1 0,97 Sódio	12 Mg 24,305 +2 1,74 Magnésio											13 Al 26,982 +3 2,70 Alumino	14 Si 28,086 ±2;4 2,33 Silílio	15 P 30,974 ±3;+4,5 1,82 Fósforo	16 S 32,066 -2;+4,6 2,07 Enxofre	17 Cl 35,453 ±1;+3;4;5;6;7 1,56 Cloro	18 Ar 39,948 0 1,40 Argônio
19 K 39,098 +1 0,86 Potássio	20 Ca 40,078 +2 1,55 Cácio	21 Sc 44,956 +3 3,0 Escândio	22 Ti 47,867 +2;3;4 4,51 Titânio	23 V 50,942 +2;3;4;5 6,1 Vanádio	24 Cr 51,996 +2;3;6 7,19 Crômio	25 Mn 54,938 +2;3;4;6;7 7,43 Manganês	26 Fe 55,845 +2;3 7,86 Ferro	27 Co 58,833 +2;3 8,9 Cobalto	28 Ni 58,693 +2;3 8,9 Níquel	29 Cu 63,546 +1;2 8,96 Cobre	30 Zn 65,39 +2 7,14 Zinco	31 Ga 69,723 +3 5,91 Gálio	32 Ge 72,61 +2;4 5,32 Germânio	33 As 74,922 ±3;+5 5,72 Arsênio	34 Se 78,96 -2;+4,6 4,79 Selênio	35 Br 79,904 ±1;+5 3,12 Bromo	36 Kr 83,80 0 2,6 Criptônio
37 Rb 85,468 +1 1,53 Rubídio	38 Sr 87,62 +2 2,6 Estrôncio	39 Y 88,906 +3 4,47 Ítrio	40 Zr 91,224 +4 6,49 Zircônio	41 Nb 92,906 +3;5 8,4 Nióbio	42 Mo 95,94 +2;3;4;5;6 10,2 Molibdênio	43 Tc 98,906 +7 11,5 Tecnécio	44 Ru 101,07 +2;3;4;6;8 12,2 Rutênio	45 Rh 102,91 +2;3;4 12,4 Ródio	46 Pd 106,42 +2,4 12,0 Paládio	47 Ag 107,87 +1 10,5 Prata	48 Cd 112,41 +2 8,65 Cádmio	49 In 114,82 +3 7,31 Índio	50 Sn 118,71 +2;4 7,30 Estanho	51 Sb 121,76 ±3;+5 6,62 Antimônio	52 Te 127,60 -2;+4,6 6,24 Telúrio	53 I 126,90 ±1;+4;5;7 4,94 Iodo	54 Xe 131,29 0 3,06 Xenônio
55 Cs 132,91 +1 1,90 Césio	56 Ba 137,33 +2 3,5 Bário	57/71 La/Lu	72 Hf 178,49 +4 13,1 Háfnio	73 Ta 180,95 +5 16,6 Tantálio	74 W 183,84 +2;3;4;5;6 19,3 Tungstânio	75 Re 186,21 +1;2;3;4;5;6 21,0 Rênio	76 Os 190,23 +2;3;4;6;8 22,6 Ósmio	77 Ir 192,22 +2;3;4;6 22,5 Irídio	78 Pt 195,08 +2;4 21,4 Platina	79 Au 196,97 +1;3 19,3 Ouro	80 Hg 200,59 +1;2 13,6 Mercúrio	81 Tl 204,38 +1;3 11,85 Tálio	82 Pb 207,2 +2;4 11,4 Chumbo	83 Bi 208,98 +3;5 9,8 Bismuto	84 Po 209,98 +2;4 9,2 Polônio	85 At 209,99 ±1;+3;5;7 - Astato	86 Rn 222,02 0 - Radônio
87 Fr 223,02 +1 - Frâncio	88 Ra 226,03 +2 5,0 Rádio	89/103 Ac/Lr	104 Rf 261 Rutherfórdio	105 Db 262 Dúbnio	106 Sg Seabórgio	107 Bh Bóhrio	108 Hs Hássio	109 Mt Meitnério	-	-	-						

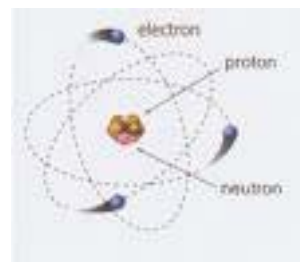
Série dos Lantanídios

57 La 138,91 +3 6,17 Latânio	58 Ce 140,12 +3;4 6,67 Cério	59 Pr 140,91 +3;4 6,77 Praseodímio	60 Nd 144,24 +3 7,00 Neodímio	61 Pm 146,92 +3 - Promécio	62 Sm 150,36 +2;3 7,54 Samário	63 Eu 151,96 +2;3 6,26 Európio	64 Gd 157,25 +3 7,89 Gadolínio	65 Tb 158,93 +3;4 8,27 Térbio	66 Dy 162,50 +3 8,54 Disprósio	67 Ho 164,93 +3 8,80 Hólmio	68 Er 167,26 +3 9,05 Érbio	69 Tm 168,93 +2;3 9,33 Túlio	70 Yb 173,04 +2,3 6,98 Itérbio	71 Lu 174,97 +3 9,84 Lutécio

Série dos Actinídios

89 Ac 227,3 +3 - Actínio	90 Th 232,04 +4 11,7 Tório	91 Pa 231,04 +4;5 15,4 Protactínio	92 U 238,03 +3;4;5;6 19,07 Urânio	93 Np 237,05 +3;4;5;6 19,5 Netúnio	94 Pu 239,05 +3;4;5;6 - Plutônio	95 Am 241,06 +3;4;5;6 11,7 Amércio	96 Cm 244,06 +3;4 - Cúrio	97 Bk 249,08 +3;4 - Berquélio	98 Cf 252,08 +3 - Califórnio	99 Es 252,08 +3 - Einstênio	100 Fm 257,10 +3 - Férmio	101 Md 258,10 +3 - Mendelévio	102 No 259,10 +3 - Nobélio	103 Lr 262,11 +3 - Laurêncio

O profissional responsável por análises laboratoriais costuma utilizar diferentes tipos de ácidos para baixar o pH, como por exemplo, o ácido clorídrico, cuja fórmula é HCl. Observe que ele é composto por um átomo de hidrogênio e outro de cloro.

Você se lembra o que é **átomo**? O átomo é a menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico. Ele é constituído por prótons, nêutrons e elétrons. A quantidade de prótons (que possuem carga positiva) é igual à quantidade de elétrons (que possuem carga negativa). Observe, na tabela, que as partículas constituintes do átomo possuem cargas elétricas e massas.

Partículas	Localização	Carga elétrica	Massa
Prótons	núcleo	Positiva (+)	1
Nêutrons	núcleo	zero (0)	1 + 1/1.840
Elétrons	eletrosfera ou orbital	negativa (–)	1/1.840

O número de prótons existentes no núcleo do átomo, também chamado de **número atômico**, é representado pela letra **Z**.

À soma das quantidades de prótons e de nêutrons existentes no núcleo do átomo dá-se o nome de **número de massa**, o qual é representado pela letra **A**.

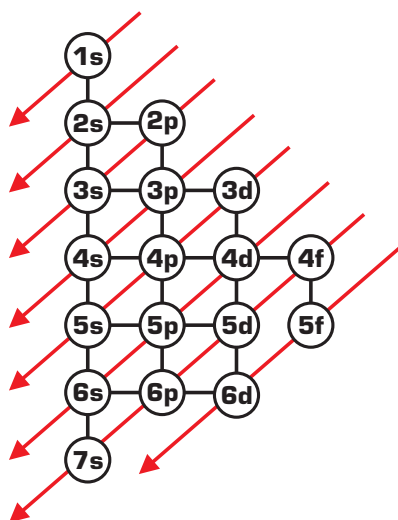
Utilizando a tabela periódica, vamos achar qual o número atômico e a massa atômica do nitrogênio e do sódio.

Os elétrons giram em torno do núcleo do átomo em locais diversos, que recebem o nome de orbitais, e se localizam em camadas formadas por níveis, que por sua vez são formados por subníveis. O nível é representado pela letra *n* e o subnível é representado pelas letras *s, p, d, f, g h e i*. O número máximo de elétrons em cada camada é $2\ n^2$.

Na próxima tabela apresentam-se as diversas camadas que os elétrons de um átomo podem ocupar. Não se preocupe em decorá-la, basta consultá-la quando você precisar.

Camada	Nível (n)	Número de elétrons = $2 \times n^2$	Subnível
K	1	$2 \times 1^2 = 2$	s
L	2	$2 \times 2^2 = 4$	s p
M	3	$2 \times 3^2 = 18$	s p d
N	4	$2 \times 4^2 = 32$	s p d f
O	5	$2 \times 5^2 = 50$	s p d f g
P	6	$2 \times 6^2 = 72$	s p d f g h
Q	7	$2 \times 7^2 = 98$	s p d f g h i

Se essas informações são novas para você e parecem confusas, um exemplo pode ajudar a esclarecer algumas dúvidas.

Vamos juntos distribuir os elétrons do Sódio (Na) para entendermos melhor.

Anteriormente vimos que o número de prótons (número atômico) do Sódio (Na) é igual a 11. Como o número de prótons é igual ao número de elétrons, o Na tem 11 elétrons. A distribuição nas camadas pode ser feita seguindo-se as setas do diagrama de Pauling.

Camada	Subnível	
K	1s ☐	
L	2s ☐	2p ☐
M	3s ☐	

Vamos somar os números de elétrons colocados nos subníveis, para conferir!

______________________ = ______________________

A última camada de um átomo é chamada de camada de valência. No exemplo, a camada de valência é a M, que possui apenas um elétron no subnível *s*.

Um átomo é considerado estável, quando tem, na última camada, oito elétrons. A única exceção é a camada K que possui apenas dois elétrons.

Quando o átomo não é estável, pode ganhar ou perder elétrons, ou seja, tem capacidade de ionizar. Quando um átomo perde elétrons, ele se torna um íon positivo, pois o número de prótons fica maior do que o número de elétrons. O íon positivo é chamado de cátion. Já quando um átomo ganha elétrons, ele se torna um íon negativo e o número de prótons fica menor do que o número de elétrons. O íon negativo é chamado de ânion.

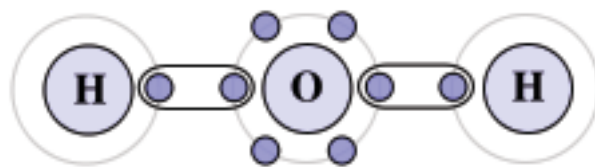
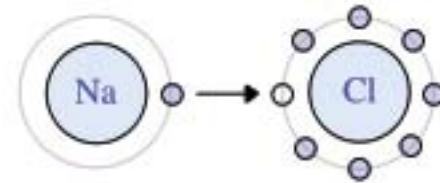
> Vamos entender melhor! O Cálcio (Ca) possui 20 prótons e 20 elétrons (confira na tabela periódica). Quando o Ca perde 2 elétrons, torna-se um cátion Ca^{2+} e passa a ter quantos elétrons? ____________________

A propriedade pela qual um átomo apresenta maior ou menor tendência de atrair elétrons para si é chamada de **eletronegatividade**. Um átomo pode adquirir estabilidade pela união com outros átomos, formando assim diversas substâncias, que podem ser simples e compostas.

Sustância simples é formada por átomos de um mesmo elemento.
Substância composta é formada por átomos de elementos diferentes em proporções específicas.

> Vamos pensar juntos! Você se lembra do nome de algumas substâncias simples ou compostas?

A combinação de um elemento químico com outro para formar uma substância pode acon–tecer por meio de ligações químicas que podem ser covalentes, iônicas ou metálicas.

Nas **ligações covalentes**, os átomos se associam e há um compartilhamento de elétrons. O Cloro, por exemplo, possui sete elétrons na última camada. Quando o Cloro combina com outro Cloro, que também possui sete elétrons na última camada, ele compartilha um elétron, ficando estável.

Nas **ligações iônicas**, ou seja, formadas por íons, o cátion e o ânion têm cargas de sinais contrários e se associam por atração eletrostática. O Sódio, por exemplo, tem um elétron na última camada e o Cloro tem sete. Quando os dois se combinam, formando o Cloreto de Sódio (Na^+Cl^-), o Sódio cede um elétron para o Cloro, tornando-se um cátion e o Cloro recebe o elétron do Sódio, tornando-se um ânion.

Nas **ligações metálicas**, os metais podem se unir entre si ou a outros elementos e formar ligas metálicas.

As substâncias formadas por meio de ligações químicas podem se transformar em outras substâncias através de reações químicas. Diversas substâncias químicas utilizadas em análises de laboratório, quando misturadas com outras, podem reagir, liberando calor e substâncias tóxicas.

No laboratório é comum utilizarem-se ácidos e bases para alterar o valor do pH durante algumas análises.

Você se lembra o que é ácido e o que é base?

Ácidos são substâncias que, dissolvidas em água, se ionizam, liberando, na forma de cátions, íons H^+.
Bases são substâncias que, dissolvidas em água, sofrem dissociação iônica, liberando, na forma de ânions, íons OH^-.

Vamos pensar juntos! Você se lembra do nome de alguns ácidos ou bases?

A formação de ácidos e bases ocorre por meio de reações químicas. Sempre que se fala de reações químicas é comum ouvir falar sobre número de oxidação ou Nox.

Você sabe o que é Nox? Você acha importante, na especificação de uma solução haver o Nox? Por quê?

> **Nox** é o número que designa a carga elétrica de um átomo em função da eletro-negatividade entre ele e o átomo ao qual se ligará, ou seja, está associado à perda ou ganho de elétrons por um átomo numa ligação química.

Vimos que o átomo pode adquirir estabilidade por meio da união com outros átomos, forman-do diversas substâncias, que, por sua vez, podem reagir e transformar em outras substâncias. Vamos falar agora sobre solução e as diversas medidas utilizadas em sua quantificação.

Soluções

Quando se prepara uma solução para fazer uma determinada análise, é importante ter em mãos as especificações dos produtos que serão utilizados, pois se o teor de pureza de uma substância varia, a quantidade necessária da substância no preparo de uma solução, também irá variar.

> Vamos relembrar alguns conceitos que irão contribuir para o entendimento das especificações dos produtos químicos, como, também, vão auxiliar você no preparo de uma solução. Não se preocupe em decorar. Em caso de dúvida, consulte o guia.

Soluto é o produto que será dissolvido.
Solvente é o meio onde o produto será dissolvido.

Para trabalhar com soluções, utilizam-se medidas em porcentagem e em concentração conforme será apresentado a seguir.

Medidas em porcentagem

Porcentagem em peso

Indica a massa em gramas do soluto contida em cada 100 gramas de solução.

Vamos fazer o exemplo explicativo, para entender melhor!

Se você dissolver 50g de hidróxido de sódio (NaOH) (soluto) em 200g de água (H_20) (solvente), qual será a porcentagem em peso do soluto?

Resolvendo:
Para obter a massa da solução final (H_20 + NaOH), soma-se a massa do soluto (50g) com a massa do solvente (200g), obtendo-se, assim, uma massa total de 250g.

Para saber a porcentagem em peso de soluto, deve-se fazer uma regra de três para achar esse valor.

Como a medida de porcentagem em peso indica a massa de soluto em 100g de solução, tem-se em 250g de solução final, 50g de soluto e em 100g de solução, um valor que será chamado de X.

Então:

250g ———— 50g
100g ———— Xg

$250 \times X = 100 \times 50$
$X = 5000/250$
$X = 20g$

Resumindo, neste caso tem-se 20g de soluto para 100g de solução, ou seja, 20%.

Porcentagem em volume

Indica a massa em gramas do soluto contida em cada 100 mililitros de solução.

Vamos fazer o exemplo explicativo, para entender melhor!

Se você dissolver 50g de hidróxido de sódio (NaOH) (soluto) em água (H_20) (solvente) para obter 200mL de solução, qual será a porcentagem em massa do soluto por volume da solução?

Resolvendo:
Para saber a porcentagem de soluto, deve-se fazer uma regra de três.

Como a medida de porcentagem em volume indica a massa de soluto em 100 mL de solução, tem-se em 200mL da solução final, 50g de soluto e em 100mL de solução, um valor que será chamado de X.

Então: 200ml ——— 50g
100ml ——— Xg

$200 \times X = 100 \times 50$
$X = 5.000/200$
$X = 25g$

Resumindo, neste caso tem-se 25g de soluto para 100mL de solução, ou seja, 25%.

Medidas em concentração

Concentração em gramas por litro (g/L)

Indica a massa em gramas de soluto contida em cada litro de solução.

Vamos fazer o exemplo explicativo, para entender melhor!

Se você dissolver 50g de Hidróxido de sódio (NaOH) (soluto) em 200mL de água (solvente), qual será a concentração da solução?

Resolvendo:
Para saber a concentração da solução, deve-se dividir a massa do soluto (50g) pelo volume da solução em litros.

Então: 50g ——— 200ml
xg ——— 1.000ml

$200 \times X = 50 \times 1.000$
$X = 50.000/200$
$X = 250g$

Resumindo, neste caso tem-se 250g de soluto para 1L de solução.

Antes de falarmos de concentração expressa em molaridade, vamos discutir o que é massa molecular e massa molar de um material.

Massa molecular é a soma das massas atômicas de cada elemento que a compõe.

Vamos fazer o exemplo explicativo, para entender melhor!

Qual a massa molecular da água (H_2O)?

Consultando a tabela periódica, acharemos a massa molecular de cada elemento.
A massa atômica do H = 1. Como são dois átomos de H, teremos: $2 \times 1 = 2$.
A massa atômica do O = 16.
A massa molecular da água será: $2 + 16 = 18$.

> **Massa molar** é a massa de um material por unidade de quantidade de matéria, cuja unidade é g/mol.
>
> **Mol** é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares (átomos, moléculas, íons, prótons, elétrons, etc.) quantos são os átomos contidos em 12g de Carbono 12.

Por meio de experimentos, concluiu-se que a massa de $6{,}02 \times 10^{23}$ unidades de massa atômica (u) equivale a um grama.

A massa de 12g de Carbono 12 contém $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos. Logo, 1 mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém $6{,}02 \times 10^{23}$ entidades elementares.

Vamos fazer o exemplo explicativo, para entender melhor!

Qual a massa de 1 mol de átomo de Ferro?

Consultando a tabela periódica, tem-se que a massa de um átomo de Ferro é igual a 56u.
Logo, a massa $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos de ferro será $6{,}02 \times 10^{23} \times 56u$.

Como $6{,}02 \times 10^{23}$ u = 1g, tem-se: 1g x 56 = 56g

Resumindo, a massa de 1 mol de átomos de Ferro é igual a 56g.

Concentração expressa em molaridade (M)

Representa o número de moles de soluto em 1L de solução. Uma solução "X" molar é aquela que contém x moles de soluto por 1L de solução.

$$M = m/(PM \times V)$$

onde:
M = molaridade (M)
m = massa do soluto (g)
PM = massa molecular (g)
V = volume da solução (L)

Concentração expressa em normalidade (N)

Representa o número de equivalente–grama (eq–g) do soluto contido em um litro de solução.

Uma solução 1 normal (1N) é aquela que contém 1 equivalente–grama de soluto em 1 litro da solução, ou seja:

$$N = n\ eq./\ V(L) \quad \text{ou} \quad N = v \times M$$

onde:
N = normalidade
n eq. = número de equivalente grama (g)
V = volume (L)

onde:
N = normalidade
v = número de oxidação
M = Molaridade

Equivalente-grama é igual ao quociente entre o átomo–grama e a valência do elemento.

$$E = A/v$$

onde:
E = equivalente grama (g)
A = átomo–grama (g)
v = valência do elemento

Quando se prepara uma solução em que se está utilizando a concentração expressa em normalidade, deve-se verificar a valência na especificação do produto que está sendo utilizado.

Fração molar de um componente (fm)

É o número de moles deste componente dividido pela soma de número de moles de todos os componentes da solução. A concentração pode ser expressa pela relação entre o número de moles de soluto e o número de moles da solução.

$$fm = n1/(n1+n2)$$

onde:
n1= número de moles de soluto
n2= número de moles do solvente

Não se esqueça que $n = m/PM$, ou seja, número de moles de um componente (n) é a sua massa (m) dividida pela massa molecular (PM).

A fração molar não tem unidade e a soma das frações molares de todos os componentes de uma solução é igual a 1.

Vamos fazer o exemplo explicativo, para entender melhor!

Uma solução contém 196g de H_2SO_4 em 144g de água. Quais as frações molares dos componentes da solução?

O peso molecular do H_2SO_4 é 98g e da água é 18g.
n H_2SO_4 = 196/98 = 2 moles de H_2SO_4
n H_2O = 144/18 = 8 moles de H_2O
fm H_2SO_4 = 2/(8 +2) = 0,2
fm H_2O = 8/(8+2) = 0,8
soma = 0,2 + 0,8 = 1

Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada - IUPAC, as expressões "concentração em molar" ou "molaridade" não são recomendadas. Sugere-se usar as expressões "concentração" e "fração em mol" para não ocasionar dúvidas. Isso deve-se ao fato de que, muitas vezes, o fornecedor do produto deixa de informar alguns dados da solução, gerando dúvidas no profissional, o que pode ocasionar erros durante o preparo das soluções. Comentou-se anteriormente sobre molaridade e normalidade, porque ainda há muitas orientações, quanto ao preparo de soluções, nestas concentrações.

Título (T)

O título de uma solução é a razão entre a massa de soluto (m1) e a massa da solução (m = m1 + m2), ambas as medidas na mesma unidade.

$$T = m1 \; / \; (m1 + m2)$$

Pode-se conhecer a porcentagem em massa de soluto na solução, multiplicando o título por 100, ou seja, $P = 100 \times T$.

Por exemplo:
Para T = 0,2
$P = 100 \times 0{,}2$
P = 20%, ou seja, a solução apresenta 20% em massa de soluto e o restante em massa de solvente (80%).

Há ainda situações em que, para se calcular uma solução, há necessidade de se saber a densidade da solução. Você se lembra o que é densidade?

Densidade (d)

A densidade ou massa específica de uma substância é a sua massa dividida pelo seu volume. Pode ser medida, por exemplo, em gramas por centímetros cúbicos (g/cm^3) ou em gramas por mililitro (g/mL).

$$d = m/V$$

onde:
m = masssa
V = volume

Depois de revermos alguns conceitos de química, vamos interpretar as especificações de um produto usualmente utilizado no preparo de soluções.

Agora que relembramos alguns conceitos básicos de química e os cálculos para preparar uma solução, podemos discutir sobre a realização de análises laboratoriais, mas antes vamos falar de aspectos relacionados a amostragem e preservação de amostras de esgotos. Esses aspectos são de fundamental importância entre outros para a obtenção de resultados confiáveis nas análises laboratoriais.

Amostragem e preservação de amostras

OBJETIVOS:

- Refletir sobre a importância da adequada amostragem e preservação das amostras para a qualidade dos resultados das análises.

- Reforçar a importância dos cuidados que devemos ter antes, durante e após o procedimento de coleta de amostras.

- Discutir sobre programa de monitoramento.

Nesse conceito chave, discutiremos as maneiras de coletar e preservar amostras de esgoto para diferentes análises laboratoriais. Você vai perceber que cuidados simples são essenciais para a obtenção de resultados confiáveis.

Discutiremos, também, o monitoramento de uma ETE, que tem como objetivo demonstrar a situação da qualidade do esgoto antes e depois de seu tratamento, verificar a eficiência do sistema de tratamento e o atendimento aos limites impostos pela legislação.

Amostragem

Vamos iniciar a nossa discussão sobre amostragem a partir das questões apresentadas a seguir.

Reflita e se manifeste...

Qual é a função da amostragem? A amostragem pode influenciar a qualidade de uma análise?

A **amostragem** consiste na coleta de uma pequena porção do material a ser analisado em volume suficiente e representativo para a realização das análises propostas.

É importante ressaltar que se a amostra coletada não for realmente representativa, a qualidade do método analítico de nada valerá para o resultado final.

A amostragem pretende reproduzir a proporção e a concentração dos constituintes do esgoto no local que está sendo monitorado. Sendo

assim, o manuseio da amostra deve ser feito de maneira adequada, de forma que ela não sofra mudanças significativas em sua composição até o momento da realização das análises.

Tipos de amostras

Reflita e se manifeste...

Você sabe a diferença entre amostra simples e composta? O que você esperaria dos resultados de análises provenientes de amostragem simples ou composta realizadas em um mesmo momento? Porque em alguns casos recomenda-se a amostragem simples e não a composta?

Amostras simples são coletadas de um único local em um curto período de tempo (geralmente segundos ou minutos). Esse tipo de amostra apenas indica a composição do material analisado em um dado horário e local de coleta.

Amostras compostas são obtidas da combinação de várias amostras simples, coletadas sucessivamente, em um período de tempo regular. Todas as amostras são bem homogeneizadas e retira-se, então, a quantidade de amostra, já composta, necessária para as análises.

A seguir são apresentadas as principais vantagens e desvantagens das amostras compostas.

Vantagens	Desvantagens
• Redução de custo de análises de um grande número de amostras. • Maior representatividade da amostra. • Aumento do tamanho amostral, quando as quantidades de testes são limitadas.	• Perda da relação entre a análise e uma amostra individual. • Possível diluição da amostra para limites não detectáveis por análises. • Aumento do potencial de interferências analíticas. • Aumento da possibilidade de interações analíticas.

Não se deve coletar amostras compostas para análises microbiológicas, pois pode ocorrer alguma interferência durante a coleta. A coleta de amostra para análise microbiológica deve ser realizada sempre antes da coleta de qualquer outra coleta, a fim de se evitar contaminação do local de amostragem com frascos ou amostradores não estéreis.

Métodos de amostragem

Reflita e se manifeste...

Quais métodos de amostragem são comumente utilizados em seu local de trabalho?

Os métodos mais utilizados na amostragem são o manual e o automatizado.

Amostragem manual: A coleta manual envolve o mínimo de equipamento, mas pode ser bastante trabalhosa e despender um tempo elevado para ser empregado em programas de monitoramento em larga escala. Esse tipo de amostragem requer treino de trabalho de campo e é freqüentemente necessária para alguns tipos de análise, como óleos e graxas.

Amostragem automatizada: A coleta automática é realizada por equipamento programado para coletar determinada quantidade de amostra, em uma dada freqüência, em um intervalo de tempo, geralmente de 24h. O amostrador automático é programado de acordo com a necessidade da amostragem. Deve-se ter cuidado com a quantidade de amostra a coletar e com o tamanho dos frascos de coleta, para não transbordar o conteúdo ou faltar amostra em cada frasco.

Independentemente do método, o responsável pela amostragem deverá saber com clareza os procedimentos corretos para coleta, de forma a evitar erros durante sua realização. Além disso, ele deve ter em mente que a amostra coletada fornecerá resultados que servirão para dar informação e até tomar decisões.

Preparo dos recipientes de amostragem

Os recipientes utilizados para colocar as amostras podem ser de materiais diferentes. Sua escolha dependerá do parâmetro da amostra que será analisado.

Reflita e se manifeste...

Cite alguns parâmetros analisados no local em que você trabalha e qual o tipo de recipiente adotado para a coleta da respectiva amostra?
Quais cuidados você toma no preparo dos recipientes para coleta de amostras?

Todos os materiais (equipamentos de amostragem e recipientes de coleta) que serão utilizados durante a coleta devem estar limpos, de forma a evitar qualquer tipo de contaminação.

Recomenda-se o uso de recipientes de vidro para todos os compostos orgânicos voláteis e semivoláteis, óleo e graxa e outros, pois algumas substâncias podem ser adsorvidas na parede do recipiente, se ele for de plástico; e substâncias do próprio frasco podem contaminar a amostra.

Deve-se evitar utilizar materiais de limpeza que contenham, em sua formulação, os agentes a serem investigados nas análises, por exemplo, detergente em frascos de coleta destinados à análise de surfactantes e fosfato. Os frascos destinados a análise de fosfato devem ser lavados com detergente isento de fosfato e os frascos destinados a análises de óleos e graxas devem ser imersos em detergentes alcalinos a quente. Caso haja necessidade de uma limpeza adicional para realizar determinada análise, podem-se enxaguar os frascos com solução de ácido sulfocrômico (35 mL de solução saturada de ácido sulfocrômico em 1 L de ácido sulfúrico - esta solução pode ser reutilizada até mudar de coloração).

Salienta-se que frascos para armazenar amostras para análises de coliformes devem ser esterilizados em autoclave.

É importante ressaltar que o tipo de recipiente usado para coletar e armazenar a amostra e a limpeza do mesmo é de extrema importância para a confiabilidade dos resultados das análises.

Já discutimos a importância da amostragem, os tipos de amostras e os métodos de amostragem, vamos abordar agora a preservação das amostras.

Preservação das amostras

A preservação da amostra é uma etapa importante que procura minimizar o potencial de volatilização ou biodegradação no período entre a coleta e a análise.

Os métodos de preservação são relativamente limitados e pretendem, geralmente, retardar a ação biológica, a hidrólise de compostos químicos e reduzir a volatilidade dos constituintes da amostra.

Hidrólise: reação de decomposição ou alteração de uma substância pela água.

Volátil: que vaporiza a pressão e temperatura ambientes.

Reflita e se manifeste...

Como é realizada a preservação de amostras de alguns parâmetros que você costuma analisar no seu local de trabalho?
O que pode ocorrer quando as amostras não são armazenadas corretamente?

A maneira como as amostras são armazenadas afetam mais algumas análises do que outras. Muitos compostos orgânicos são sensíveis a mudanças de pH e de temperatura, resultando na alteração das concentrações após o armazenamento. Para se evitar possíveis mudanças nas propriedades da amostra que podem ocorrer em curto período de tempo, parâmetros como temperatura, gases dissolvidos, pH e alcalinidade devem ser analisados imediatamente após a coleta de amostras, evitando assim, distorções nos resultados.

Para minimizar o potencial de volatilização ou biodegradação das amostras até que a análise seja realizada, imediatamente após a coleta, as amostras devem ser acondicionadas e refrigeradas em caixas de isopor com gelo (exceto as amostras destinadas à medição de OD). Caso não seja possível analisar as amostras assim que elas chegarem ao laboratório, é necessário armazená-las preferencialmente na temperatura de 4°C.

É importante ressaltar que quanto mais curto o período de tempo entre a coleta e a análise da amostra, maior a confiabilidade dos resultados, pois nenhum método de preservação é inteiramente satisfatório.

As substâncias químicas para preservação das amostras devem ser utilizadas apenas quando elas não interferirem na análise. Procure sempre colocá-las dentro do recipiente de amostragem antes da coleta, pois dessa maneira, toda a amostra será preservada após a coleta.

Reflita e se manifeste...

Você sabe o que significa fazer a ambientalização da amostra e qual a importância desse procedimento? Você realiza esse procedimento? Como?

Quando não houver nenhum conservante dentro do recipiente, deve-se fazer a ambientalização da amostra, que consiste em coletar um pouco do conteúdo que será amostrado e enxaguar o recipiente, para só depois colocar a amostra no recipiente.

Sugere-se que se colete sempre um volume de amostra maior, para casos em que seja necessário repetir alguma análise. Dependendo da análise a ser realizada, o recipiente deve ser totalmente preenchido com amostra (maioria das determinações de compostos orgânicos) ou deve-se deixar um espaço para aeração e mistura (análises microbiológicas e inorgânicas). Se o frasco já possuir conservante, deve-se ter cuidado para não enchê-lo demais com amostra, senão pode-se perder ou diluir o conservante, o que poderia comprometer a eficiência da preservação da amostra.

Vamos discutir alguns importantes procedimentos em campo que precisam ser adotados na coleta de amostras.

Procedimento em campo

Reflita e se manifeste...

Quais são os cuidados adotados em seu trabalho durante o procedimento de coleta?

Durante o trabalho de campo, o profissional deve anotar, em um caderno de registro, todas as condições do ambiente. As condições atmosféricas, problemas no sistema e outros fatos rotineiros podem, futuramente, explicar resultados.

As medidas obtidas em campo (pH, temperatura, oxigênio dissolvido etc.) devem ser medidas em alíquotas de amostras diferentes das destinadas para análises laboratoriais, evitando-se assim a contaminação da amostra.

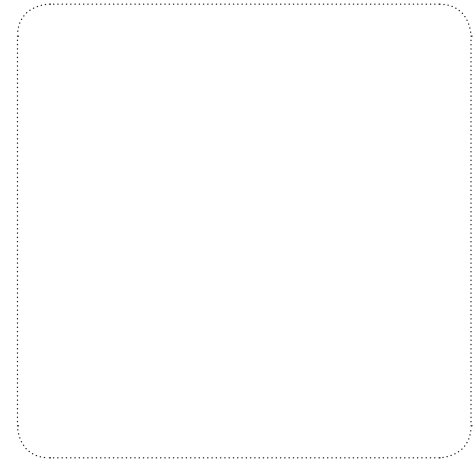
Para o preparo do material necessário para a coleta o técnico deve observar os seguintes itens:

- Conferir se o número de recipientes é suficiente para o número de amostras que serão coletadas.
- Calibrar todos os equipamentos que serão utilizados.
- O reagente ou solução que será utilizado para preservação ou fixação da amostra deve estar dentro do prazo de validade e ser transportado na posição vertical, para não derramar ou quebrar.
- Verificar se há gelo suficiente para manter a amostra preservada até chegar ao laboratório.
- Selecionar os frascos adequados para o armazenamento das amostras.
- Levar bolsa de primeiros socorros devidamente identificada.
- Levar reagentes neutralizantes das soluções de preservação e fixação em caso de derramamento.
- Identificar os recipientes das amostras com etiquetas apropriadas.
- Levar um caderno de registros e anotar o maior número possível de dados sobre a coleta.

Já após a coleta, devem-se ter os seguintes cuidados com as amostras:

- Selar as amostras de forma que elas não sejam abertas sem autorização, antes da análise.
- Preencher o livro de campo com todas as informações pertinentes à amostra, como propósito da amostra ou parâmetro a ser analisado, local de coleta, data, hora, nome e endereço do contato no campo e outros dados importantes.
- Ter sempre alguém no laboratório para receber as amostras coletadas.

O que você acha que deveria ser escrito na etiqueta de identificação das amostras?

Vamos juntos elaborar uma etiqueta de identificação das amostras!

Uma das principais questões a ser considerada na coleta de amostras consiste na utilização correta dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), como botas, luvas e jalecos.

Outra questão que merece cuidado é o transporte das amostras. Essas devem ser acondicionadas em caixa de isopor, em frascos bem vedados para evitar vazamento, e levadas em outra parte do veículo (bagageiro). Se os frascos forem de vidro, deve ser utilizada alguma proteção contra impactos. Como alguns reagentes de preservação possuem caráter ácido ou básico aconselha-se, também, atenção redobrada ao manipular esses reagentes.

Discutidos a amostragem e a preservação de amostras. Agora, vamos tratar do monitoramento dos sistemas de tratamento de esgotos.

Monitoramento

O efetivo controle operacional de qualquer sistema de tratamento de esgotos só poderá ser alcançado através da implementação de um adequado programa de monitoramento do sistema.

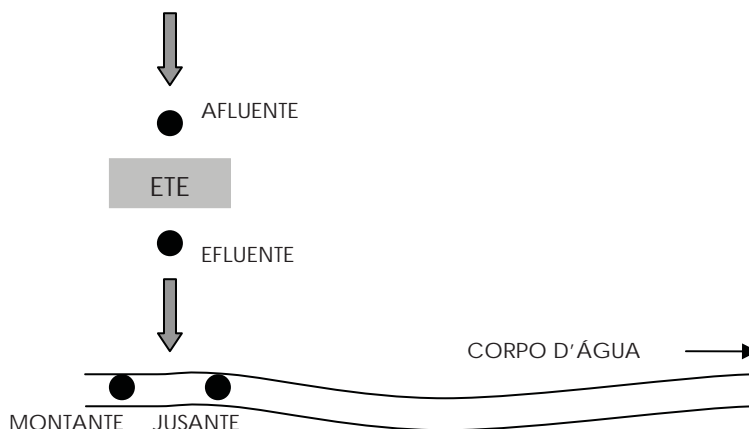
Esse programa de monitoramento deve ser amplo o suficiente para incluir todos os aspectos relevantes à operação do sistema de tratamento, sem perder de vista, no entanto, a realidade local e a disponibilidade de recursos humanos e materiais.

Nesse contexto, a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, em conjunto com o levantamento de uma série de informações relativas ao funcionamento do sistema, é de extrema importância para o bom funcionamento dos sistemas de tratamento de esgotos.

Atividade em grupo...

Descrever o programa de monitoramento do local em que você trabalha, considerando os seguintes aspectos:

- Parâmetros monitorados.
- Métodos analíticos.
- Seleção dos pontos de amostragem.
- Tipos de amostras.
- Freqüência de amostragem.
- Métodos de coleta das amostras.
- Método de preservação das amostras.
- Métodos de controle de qualidade dos dados obtidos.

Para avaliação ao longo do tempo do impacto do lançamento dos esgotos e do atendimento à legislação, devem ser efetuadas, no mínimo, as amostragens listadas a seguir.

Amostra	Ponto de amostragem	Objetivo comentário
Esgotos	Afluente à ETE	• Verificação do atendimento ao padrão de lançamento, com relação ao quesito de eficiência mínima de remoção de poluentes. • Dados para controle operacional.
	Efluente à ETE	• Verificação do atendimento ao padrão de lançamento, com relação aos limites de concentração permitidos pela legislação. • Dados para controle operacional.
Curso d'água receptor	Montante do lançamento	• Conhecimento das características do corpo d'água sem o lançamento dos esgotos. • Avaliação da alteração provocada pelo lançamento dos esgotos.
	Jusante do lançamento	• Verificação do atendimento ao padrão de qualidade do corpo d'água. • Avaliação da alteração provocada pelo lançamento dos esgotos. • A amostra deverá ser representativa das condições de mistura esgoto-rio. • Poderá haver mais de um ponto de amostragem a jusante, de forma a avaliar o impacto em uma maior distância do lançamento.

Diversos órgãos ambientais estabelecem um *programa de automonitoramento* onde é de responsabilidade do empreendedor a amostragem, a análise e o relato da eficiência da ETE. Cada órgão ambiental solicita os parâmetros, a freqüência de amostragem e a periodicidade

de relatórios. Assim, ocorre uma parceria entre o empreendedor e o órgão ambiental, onde ambos trabalham em prol do meio ambiente.

Apresentamos sugestões de monitoramento para algumas unidades de sistema de tratamento de esgoto.

Tratamento preliminar

Parâmetro	Unidade	Freqüência de monitoramento				
		afluente	gradeamento	Caixa de areia	Medidor Parshall	Efluente preliminar
Vazão	(L/s)				diária	
Sólidos	(L/d)		diária			
Areia	(L/d)			diária		
Temperatura	°C					diária
pH						diária
Sólidos sedimentáveis	(mL/L)	diária				diária

Fonte: Chernicharo 2007

Lodos ativados (fase líquida)

Local	Parâmetro	Freqüência
Esgoto bruto	DBO	semanal
	DQO	semanal
	SS	semanal
	SSV	semanal
	NTK	semanal
	pH	diária
	Alcalinidade	semanal
	E. coli	semanal
Efluente primário	DBO	semanal
	DQO	semanal
	SS	semanal
Reator	Temperatura	diária
	OD	diária ou contínua
	SS	diária ou contínua
	SSV	semanal
	Nitrato	semanal
	IVL	diária
Lodo de retorno	SS	diária
Efluente final	DBO	semanal
	DQO	semanal
	SS	semanal
	SSV	semanal
	NTK	semanal
	Amônia	semanal
	Nitrito	semanal
	Nitrato	semanal
	pH	diária
	Coliformes	semanal

Fonte: Chernicharo 2007

Lagoas de estabilização

Local	Parâmetros	Freqüência
Esgoto bruto	Vazão	diária
	Temperatura do líquido	diária
	pH	diária
	Sólidos sedimentáveis	diária
	DBO	semanal
	DQO	semanal
	E. coli	semanal
	SS	semanal
	SSV	semanal
	Nitrogênio orgânico	mensal
	Amônia	mensal
	Fósforo	mensal
	sulfato	mensal
	sulfeto	mensal
	Alcalinidade	mensal
	Óleos e graxas	mensal
Lagoa facultativa	Temperatura	diária
	DQO	semanal
	SS	semanal
Lagoa aerada	Temperatura	diária
	pH	diária
	OD	diária
Efluente final	Vazão	diária
	Temperatura do líquido	diária
	pH	diária
	Sólidos sedimentáveis	diária
	DBO	semanal
	DQO	semanal
	DQO / DBO filtrada	semanal
	E. coli	semanal
	SS	semanal
	SSV	semanal
	Nitrogênio orgânico	mensal
	Amônia	mensal
	Nitrato	mensal
	Fósforo	mensal
	sulfato	mensal
	sulfeto	mensal
	Óleos e graxas	mensal

Fonte: Adaptado Von Sperling (2002)

Reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo

Parâmetro	Unidade	Freqüência de monitoramento			
		Afluente UASB	Separador trifásico	Manta de lodo	Efluente UASB
Sólidos sedimentáveis	mL/L	diária			diária
SST	mg/L	semanal			semanal
DQO total	mg/L	semanal			semanal
DBO total	mg/L	quinzenal			quinzenal
Produção de biogás	m^3/d		diária		
E. coli	NMP/100 mL	quinzenal			quinzenal
Ovos de helmintos	Ovo/L	quinzenal			quinzenal
Temperatura	°C	diária	diária		
pH		diária	diária		
Alcalinidade	mg/L	semanal			Semanal
AGV	mg/L	semanal			semanal
Composição do biogás	% CO_2		mensal		
ST	mg/L			semanal	
STV	mg/L			semanal	
AME	gDQO/gSV.d			mensal	
Estabilidade do lodo	gDQO/gSV.d			mensal	
IVL (diluído)	mL/g			mensal	

Fonte: Chernicharo 2007

Você concorda com os pontos de amostragem e os parâmetros analisados para os sistemas de tratamento apresentados? Você acha que a freqüência de monitoramento apresentada é adequada?

O quadro ao lado sintetiza as recomendações do *Standard Methods for analisys of water and wastewater* para coleta de amostras considerando os parâmetros mais comuns para análises de esgotos, o recipiente, o volume de amostra necessário para as análises, o tipo de amostragem, a forma de conservação, bem como o período admissível entre a coleta e a análise.

Parâmetros	Recipiente	Volume de amostra	Tipo de amostragem	Conservação	Período entre coleta e análise	Observações
Alcalinidade	Plástico ou vidro	200	Simples	Refrigerar	24 horas	Reduzir ao máximo a exposição ao ar. Encher totalmente o frasco com a amostra
DBO	Plástico ou vidro	1000	Simples ou composta	Refrigerar	6 horas	
Carbono orgânico total	Plástico ou vidro	100	Simples ou composta	Analisar imediatamente; ou refrigerar e adicionar HCl, H_3PO_4, ou H_2SO_4 no pH<2	7 dias	
DQO	Plástico ou vidro	100	Simples ou composta	Analisar assim que possível ou adicionar H_2SO_4 no pH<2; Refrigerar	7 dias	
Amônia	Plástico ou vidro	500	Simples ou composta	Analisar assim que possível ou adicionar H_2SO_4 no pH<2, Refrigerar	7 dias	
Nitrato	Plástico ou vidro	100	Simples ou composta	Analisar assim que possível; refrigerar	48 horas	
Nitrato + Nitrito	Plástico ou vidro	200	Simples ou composta	Adicionar H_2SO_4 no pH<2; Refrigerar	1–2 dias	
Nitrito	Plástico ou vidro	100	Simples ou composta	Analisar assim que possível; refrigerar	nenhum	
NTK Nitrogênio Total Kjeldahl1	Plástico ou vidro	500	Simples ou composta	Refrigerar, adicionar H_2SO_4 no pH<2	7 dias	
Óleos e Graxas	Vidro boca larga	1000	Simples	Adicionar HCl ou H_2SO_4 no pH<2; Refrigerar	28 dias	Não encher completamente o frasco
Oxigênio dissolvido (eletrodo)	Vidro ou frasco de DBO	300	Simples	Analisar imediatamente	0,25 hora	
Oxigênio dissolvido (Winkler)	Vidro ou frasco de DBO	300	Simples	Após a acidificação, a titulação não precisa ser feita imediatamente	8 horas	

continua ►

Parâmetros	Recipiente	Volume de amostra	Tipo de amostragem	Conservação	Período entre coleta e análise	Observações
pH	Plástico ou vidro	50	Simples	Analisar imediatamente	0,25 horas	Usualmente medido em campo
Fosfato	Vidro lavado com HNO3	100	Simples	Para fosfato dissolvido, filtrar imediatamente; refrigerar	48 horas	
Fósforo Total	Plástico ou vidro	100	Simples ou composta	Adicionar H_2SO_4 no pH<2 e refrigerar	28 dias	
Gás de digestor de lodo	Vidro ou frasco para gás	—	Simples	—	—	
Sólidos	Plástico ou vidro	200	Simples ou composta	Refrigerar	7 dias	
Temperatura	Plástico ou vidro	—	Simples	Analisar imediatamente	0,25 hora	

O sucesso de determinada análise está intimamente ligado à forma como a amostra foi coletada e preservada. É necessário garantir que a amostra não se deteriore ou se contamine antes de ser analisada.

Agora que já discutimos sobre a amostragem e preservação de amostras e sobre o monitoramento de sistemas de tratamento de esgotos, vamos tratar das principais análises dos parâmetros de caracterização físico-química e microbiológica de amostras de esgotos.

Caracterização físico-química e microbiológica

OBJETIVOS:

- Reforçar coletivamente os cuidados com a segurança pessoal no laboratório.

- Refletir sobre a conduta durante os procedimentos laboratoriais e as possíveis fontes de erro nas análises.

- Relembrar os princípios das análises físico-químicas e microbiológicas do esgoto.

- Discutir e interpretar os resultados das análises laboratoriais.

Nesse conceito chave vamos discutir as principais análises realizadas para a caracterização físico-química e microbiológica de esgotos.

Antes de iniciar as discussões sobre análises laboratoriais, é necessário termos consciência de cuidados básicos que devem ser tomados para garantir a segurança pessoal nos laboratórios e para a confiabilidade dos resultados das análises.

Cuidado com a segurança pessoal no laboratório

Reflita e se manifeste...

Você já ouviu falar o termo biossegurança? O que ele significa?

Termos como segurança no trabalho, risco, toxicidade, acidentes, prevenção de acidentes e equipamentos de segurança são muito empregados quando se trata de segurança em laboratórios.

Você sabe o significado desses termos?

Segurança no trabalho é o conjunto de medidas técnicas, administrativas, educacionais, médicas e psicológicas que são empregadas para prevenir acidentes, quer eliminando condições inseguras do ambiente, quer instruindo ou convencendo pessoas na implantação de práticas preventivas.

Risco é o perigo a que determinado indivíduo está exposto ao entrar em contato com um agente tóxico ou certa situação perigosa.

Você conhece o mapa de risco do laboratório em que você trabalha?

Mapa de Risco é uma representação gráfica de um conjunto de fatores presentes nos locais de trabalho, capazes de acarretar prejuízos à saúde dos trabalhadores: acidentes e doenças de trabalho. Tais fatores têm origem nos diversos elementos do processo de trabalho (materiais, equipamentos, instalações, suprimentos e espaços de trabalho) e a forma e organização do trabalho (arranjo físico, ritmo de trabalho, método de trabalho, postura de trabalho, jornada de trabalho, turnos de trabalho, treinamento etc.)

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Simbologia das Cores
No mapa de risco, os riscos são representados e indicados por círculos coloridos de três tamanhos diferentes, a saber:</td><td></td><td>Risco Químico Leve</td><td></td><td>Risco Mecânico Leve</td></tr>
<tr><td></td><td>Risco Químico Médio</td><td></td><td>Risco Mecânico Médio</td></tr>
<tr><td></td><td>Risco Químico Elevado</td><td></td><td>Risco Mecânico Elevado</td></tr>
<tr><td></td><td>Risco Biológico Leve</td><td></td><td>Risco Ergonômico Leve</td><td></td><td>Risco Físico Leve</td></tr>
<tr><td></td><td>Risco Biológico Médio</td><td></td><td>Risco Ergonômico Médio</td><td></td><td>Risco Físico Médio</td></tr>
<tr><td></td><td>Risco Biológico Elevado</td><td></td><td>Risco Ergonômico Elevado</td><td></td><td>Risco Físico Elevado</td></tr>
</table>

Você sabe os riscos de contaminação que existe em sua rotina de coleta e análises de amostras de esgoto? Você sabe a quantos e a quais agentes perigosos você está exposto durante um procedimento de coleta e análises de amostras de esgoto?

As amostras de esgoto podem conter diversos tipos de contaminantes potencialmente prejudiciais à saúde humana. Antes de iniciar qualquer rotina laboratorial, é essencial que os laboratoristas e seus auxiliares recebam vacinas especiais para proteção em relação às doenças de veiculação hídrica potencialmente presentes nas amostras. As vacinas especiais são, principalmente, para: febre tifóide, tétano e hepatite A. Assim, se houver contato direto acidental entre o laboratorista e a amostra, será minimizada o potencial de desenvolvimento de doenças por esse motivo.

Toxicidade é qualquer efeito nocivo que advém da interação de uma substância química com o organismo.

Acidentes são todas as ocorrências não programadas, estranhas ao andamento normal do trabalho, das quais poderão resultar danos físicos ou funcionais e danos materiais e econômicos à Instituição.

Prevenção de acidentes é o ato de se por em prática as regras e medidas de segurança, de maneira a se evitar a ocorrência de acidentes.

Equipamentos de segurança são os instrumentos que têm por finalidade evitar ou amenizar riscos de acidentes. Os equipamentos de segurança individuais (EPI) mais usados para a prevenção da integridade física do indivíduo são: óculos de proteção, máscaras, luvas, aventais, botas de borracha etc. Existem também equipamentos tais como capelas de fluxo laminar e exaustão, chuveiros de emergência e lava olhos, extintores de incêndio, recipientes para rejeitos, recipientes especiais para transporte de material contaminado e blindagens plásticas que protegem a coletividade (EPC).

Reflita e se manifeste...

Alguém já sofreu ou presenciou acidente em laboratório? Como procedeu nesse caso? O uso de EPI ou EPC poderia ter evitado o acidente?

Em caso de situações de emergência as primeiras atitudes a serem tomadas são: manter-se calmo, avisar ao responsável pelo laboratório e pedir ajuda.

Procure não mover a vítima do local, exceto em casos de fumaça, fogo ou outras condições adversas.

Em laboratórios é comum ocorrerem ferimentos. Antes de fazer o curativo, lavar as mãos com água e sabão; lavar a parte atingida com água e sabão, removendo do local do ferimento toda e qualquer sujeira; e cobrir o ferimento com pano limpo ou gaze esterilizada e esparadrapo. Em caso de jorrar sangue, faça compressão no local por 10 minutos e vá ao pronto-socorro.

Em caso de queimadura química, o local deve ser lavado imediatamente (chuveiros de emergência) com água corrente, sem esfregar com força, até que não haja mais resíduos. Esse procedimento deve levar, pelo menos, 15 minutos. Remova as roupas encharcadas de produtos químicos. Se necessário, corte-as para que possam sair mais depressa. Lave a região com bastante água corrente. Se a quantidade de agente químico for excessiva, procure um pronto-socorro imediatamente.

Se o produto químico atingir os olhos, abra delicadamente as pálpebras para que a água se espalhe por baixo delas e sobre o globo ocular. Faça este procedimento por, pelo menos, 20 minutos. Em seguida, cubra-os com uma gaze e procure um pronto-socorro imediatamente.

Atividade em grupo...

Vamos associar medidas de boa prática laboratorial com suas respectivas conseqüências.

Ação	Reação
1: Conhecer o Mapa de Riscos do seu local de trabalho	( ): Proteger-se individual e coletivamente em caso de acidente
2: Não fumar.	( ): Evitar a inalação de vapores prejudiciais à saúde
3: Não se alimentar. Não mascar chiclete e não ingerir líquidos nos laboratórios.	( ): Não atingir você mesmo ou outras pessoas com vapores ou respingos de reagentes
4: Não armazenar substâncias químicas incompatíveis no mesmo local.	( ): Não contaminar todo o reagente do frasco, evitando desperdício e prejuízo para a qualidade da análise
5: Não abrir qualquer recipiente antes de reconhecer seu conteúdo pelo rótulo. Conhecer os símbolos	( ): Evitar falta de socorro em caso de acidente
6: Não tirar rótulo de reagentes.	( ): Evitar contaminações de objetos pessoais
7: Não tentar identificar um produto químico pelo odor nem pelo sabor	( ): Evitar reações ou explosões indesejadas
8: Não retornar reagentes aos frascos de origem; usar pequenas quantidades para evitar desperdício	( ): Aumentar a vida útil do equipamento e minimizar possibilidade de acidentes
9: Não adicionar água aos ácidos, mas sim os ácidos à água	( ): Utilizar reagentes identificados e dentro do prazo de validade influencia a qualidade da análise
10: Não direcionar a abertura de frascos para você mesmo ou para outros	( ): Evitar a quebra de vidraria e conseqüentes ferimentos
11: Os pés devem estar protegidos com sapatos fechados; não trabalhar de sandálias ou chinelos no laboratório	( ): Evitar a exposição a agentes tóxicos ou explosivos sem a proteção adequada. Há reagentes que são altamente tóxicos, embora não emitam odor
12: Não abandonar seu experimento, sem identificá-lo, principalmente à noite, e encarregar uma pessoa qualificada para seu acompanhamento	( ): Evitar riscos de acidentes no laboratório durante a ausência da equipe de trabalho
13: Não se distrair, durante o trabalho no laboratório, com conversas, jogos ou ouvindo música alta, principalmente com fones de ouvido	( ): Melhorar a qualidade da análise laboratorial, evitando a própria contaminação e a de outras pessoas

Ação	Reação
14: Evitar trabalhar sozinho no laboratório; avise à Portaria quando trabalhar tarde da noite ou nos finais de semana, para que os vigias visitem periodicamente o local	( ): Evitar ingestão de partículas contaminadas e a disseminação de alimento para artrópodes ou outros animais
15: Informar sempre seus colegas quando for efetuar uma experiência potencialmente perigosa	( ): Agilizar a disponibilidade de socorro em caso de acidente
16: Aprender a usar corretamente os EPI e EPC (equipamentos de proteção individual e coletiva) disponíveis no laboratório: luvas, máscaras, óculos, aventais, sapatos, capacetes, capelas, blindagens	( ): Minimizar impactos ao sistema de tratamento de esgoto, ao ambiente e à saúde pública
17: Utilizar a capela de exaustão sempre que efetuar uma reação ou manipular reagentes que liberam vapores	( ): Evitar inalação de agentes tóxicos e intoxicação via oral
18: Conhecer o funcionamento dos equipamentos, antes de operá-los	( ): Evitar contaminação da amostra e contaminação própria
19: Lubrificar os tubos de vidro, termômetros etc. antes de inseri-los em rolhas e mangueiras	( ): Evitar exposição dos pés a eventuais derramamentos ou respingos de amostras com agente patogênico ou reagentes corrosivos
20: Manter uma lista atualizada de telefones de emergência em locais visíveis no laboratório	( ): Evitar erros no procedimento das análises e evitar acidentes
21: Seguir as instruções do laboratório para descartar os resíduos das substâncias químicas e agentes biológicos; informe-se dos procedimentos junto às Comissões pertinentes	( ): Favorecer medidas de atenção para solicitar auxílio em caso de acidentes
22: Se tiver cabelos longos, leve-os presos ao realizar qualquer experiência no laboratório	( ): Saber os riscos a que você se expõe em sua rotina
23: Evitar colocar na bancada de laboratório, bolsas, agasalhos ou qualquer material estranho ao trabalho. Tenha sempre no laboratório um lugar apropriado para pertences pessoais	( ): Evitar reação altamente exotérmica com potencial explosivo
24: Verificar, ao encerrar suas atividades, se não foi esquecido aparelhos ligados (bombas, motores, mantas, chapas, gases, banho-maria, etc.) e reagentes ou resíduos em condições de risco	( ): Evitar que seu experimento seja descartado e evitar a desorganização do ambiente de trabalho
25: Manter o laboratório limpo e em ordem	( ): Não contaminar amostras com fumaça e evitar explosões
26: Lavar as mãos, antes e após o experimento (é uma medida simples e extremamente importante para evitar acidentes)	( ): Facilitar a organização da rotina de trabalho

Você acha que foi citada alguma medida de segurança desnecessária? Você utiliza alguma outra medida de segurança e boas práticas laboratoriais? Quais?

Símbolos de risco

Uma das medidas de boas práticas laboratoriais, trabalhadas na atividade anterior, fazia referência à necessidade de se conhecer os significados dos símbolos de risco, que aparecem no rótulo dos produtos químicos.

Você sabe quais são esses símbolos e para que servem?

Símbolo	Classificação e Precaução	Exemplos
________	Classificação: Precaução:	
________	Classificação: Precaução:	
________	Classificação: Precaução:	
________	Classificação: Precaução:	

Símbolo	Classificação e Precaução	Exemplos
	Classificação: Precaução:	
	Classificação: Precaução:	
	Classificação: Precaução:	

Disposição dos resíduos de laboratório

Outra questão levantada na atividade em grupo anterior foi a disposição adequada dos resíduos gerados em laboratório.

O laboratório onde você trabalha dá destino adequado para os resíduos gerados?

O primeiro procedimento para eliminar de forma adequada os resíduos de laboratório, é conhecer as principais características do produto ou subproduto a ser eliminado. Os resíduos de laboratório devem ser identificados, acondicionados em recipientes apropriados e ter destinação adequada. A forma de destinação final varia conforme as características de cada resíduo.

A Norma Brasileira (NBR 7500) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) trata dos símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais.

Vamos tratar de alguns detalhes simples que podem influenciar as análises laboratoriais e a veracidade do resultado encontrado.

Cuidados laboratoriais para garantir a confiabilidade das análises

Durante o preparo de soluções e execução das análises, podem ocorrer falhas que prejudicam os resultados finais. Algumas delas fogem do controle do técnico de laboratório, como o comportamento químico ou físico não desejado dos reagentes, reações que são muito lentas, reações que não se completam e instabilidade de alguns reagentes. Já outras falhas estão diretamente ligadas à atenção e ao cuidado do responsável pela execução de análises.

Reflita e se manifeste...

Quais são os erros mais comuns em sua rotina de laboratório? A que você atribui os principais erros que acontecem? Quais são as medidas que você toma para que os resultados das análises sejam plenamente confiáveis?

A seguir apresentamos alguns cuidados relacionados à limpeza das vidrarias, preparo das soluções, medição correta do volume do reagente necessário para provocar a mudança de cor do indicador que acusa o final da reação e calibração dos equipamentos utilizados, de forma a garantir o sucesso das análises.

Limpeza de vidrarias

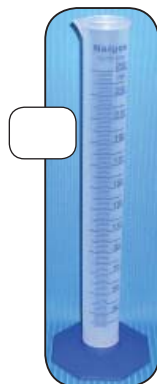
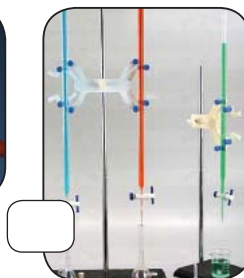
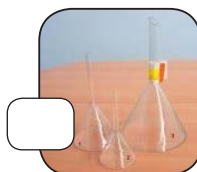
Uma medida bastante simples, que pode auxiliar a obtenção de uma melhor qualidade das análises, é o cuidado com a limpeza das vidrarias a serem utilizadas durante o procedimento.

Toda a vidraria utilizada para a realização das análises deve ser lavada com detergente apropriado e enxaguada em água corrente. Vidrarias mal enxaguadas podem contaminar a amostra e alterar

o valor que seria então encontrado. Após lavar os materiais, deixe escorrer a água e depois coloque na estufa a 104° C para secar.

Além disto, dependendo do parâmetro que será analisado, devem-se ter alguns cuidados especiais com o material que será utilizado, como: enxaguar com água deionizada; usar ácido nítrico 1:1 ou solução sulfocrômica 3%, ou ácido clorídrico 1:1, para remover resíduos das vidrarias de substância que não foram retiradas durante a lavagem com detergente e/ou resíduos do próprio detergente. Nesse caso, deve-se encher o frasco de ácido, deixar um tempo e depois esvaziá-lo. Sempre que se usar o ácido ou solução para a limpeza das vidrarias deve-se enxaguar com água deionizada.

A seguir são apresentadas vidrarias que são usadas em laboratório. Correlacione a vidraria com o nome correspondente.

(1) Erlenmeyer
(2) Kitazato
(3) Funil de separação
(4) Funil de Büchner
(5) Prato de Petri
(6) Bequer
(7) Pipeta graduada
(8) Tubos de ensaios
(9) Funil
(10) Cápsula de porcelana
(11) Balão volumétrico
(12) Bureta
(13) Pisseta
(14) Proveta

Agora que você já identificou as vidrarias, comente em quais análises elas são utilizadas e qual a função delas.

Preparo de solução

Ao se preparar soluções deve-se tomar bastante cuidado. Erros de cálculos de concentração, bem como pesagem de soluto sem o rigor analítico (número de casas decimais) exigido por cada método, podem levar a alterações da densidade e da concentração das soluções preparadas, aumentando a chance de erro nas análises.

Quais cuidados você toma ao preparar uma solução?

Alguns cuidados devem ser tomados durante a pesagem, como: a temperatura do objeto a ser pesado deve ser próxima à temperatura da balança; cada passo na pesagem deve ser realizado com calma, considerando-se uma necessidade de tempo para a balança entrar em equilíbrio; o objeto deve ser pesado no centro da balança para evitar erros; as janelas da balança devem estar fechadas durante a pesagem.

Outro ponto que merece atenção é a posição do menisco. As leituras dos volumes devem ser realizadas, considerando-se a posição do menisco inferior à marca do volume na vidraria, quando a solução for incolor, e posição do menisco superior, quando a solução for colorida.

Pequenos erros de medição do menisco podem acumular-se durante a análise, o que também aumenta a chance de comprometimento da qualidade do resultado a ser obtido.

A preparação da água que será utilizada para diluição dos reagentes e para análise do branco é outro aspecto importante das análises. Essa água deverá ser livre de substâncias que possam interferir com as análises.

A qualidade que se requer da água está diretamente relacionada com a análise que será realizada. Entre os métodos de purificação utilizados para o preparo da água pode-se citar a destilação e a deionização.

Você sabe o que significa água deionizada e água destilada?

Água deionizada é a água com ausência de íons, exceto H_3O^+ e OH^-. Mas ela ainda contém outros tipos não iônicos de impurezas, tais como compostos orgânicos. Esse tipo de água é produzido usando o processo de troca iônica. Quando se passa a água por um alimentador com várias resinas de cátions e ânions fortes, obtém-se água deionizada.

A **água destilada** pode ser obtida aquecendo-se a água até que ela se torne vapor, resfriando-a em seguida, ocorrendo assim à condensação.

Você sabe o que significa análise do branco?

O **branco** consiste no reagente água com todos os reagentes geralmente utilizados durante a análise. É utilizado para determinar a contribuição dos reagentes e dos passos analíticos no erro de medição e para detectar contaminação (vidraria/reagente). Caso seja verificada alguma contaminação devem ser tomadas medidas corretivas para eliminá-la.

Calibração

A utilização de equipamentos descalibrados é outra fonte de erro das análises.

Calibrar significa estabelecer uma correspondência entre as leituras de um instrumento e valores de uma grandeza física que é medida diretamente ou indiretamente.

A realização de uma calibração, bem como sua manutenção, deve ser realizada de acordo com o manual do equipamento. A calibração do equipamento deve ser verificada periodicamente através da análise de padrões, que devem mostrar que não houve alteração significativa desde a última calibração. Todas as calibrações devem ser registradas para facilitar o controle da freqüência de calibração.

Para minimizar fonte de erros nas análises, é sempre bom verificar a calibração da vidraria volumétrica e de equipamentos, como pipetadores automáticos.

Curva padrão

Você sabe o que significa e qual a função da curva padrão?

> A curva padrão correlaciona uma solução de concentração conhecida e a leitura realizada no espectrofotômetro em uma dada análise colorimétrica.

A curva padrão é construída utilizando-se um determinado grupo de soluções e vale **somente** para as condições em que ela foi realizada.

Em uma análise **jamais** utilize espectrofotômetro, soluções, bureta e cubeta diferentes das utilizadas na preparação da curva padrão.

Se uma das soluções acabar, deve ser construída uma nova curva padrão que inclui o novo reagente.

Portanto, antes de iniciar uma análise colorimétrica, verifique se há soluções para a quantidade de amostras em questão. Se não houver, prepare soluções novas e construa uma nova curva padrão.

Falta de concentração

Quando estamos manipulando muitos frascos e/ou muitos reagentes, por mais que nos esforcemos em trabalhar concentrados, algumas demandas externas podem diminuir nossa concentração (solicitação de colegas, chamada telefônica, entre outras). Esses breves momentos de distração podem nos desorientar perante o procedimento e podemos ficar perdidos sem saber se já adicionamos ou não determinado reagente na amostra. Uma dica para driblar esses momentos e facilitar a retomada do trabalho é adotar um método de trabalho. Por exemplo, toda vez que se adicionar um reagente é conveniente que se mude de posição tanto o frasco com reagente como o frasco da amostra. Assim, independentemente do momento em que sua concentração for minimizada, você pode evitar uma possível desorientação e garantirá que sua amostra não ficou sem reagente ou não teve o reagente adicionado duas vezes.

É importante ressaltar que a pessoa que trabalha no laboratório deve ser paciente, cuidadosa e responsável, pois além do risco a que é exposta no próprio laboratório, os dados por ele obtidos servirão para controle e tomada de decisões muitos importantes.

Seqüência metodológica

Outro detalhe importante é respeitar **rigorosamente** a ordem e o tempo dos reagentes a serem empregados durante o procedimento analítico. Mesmo que, em alguns casos, em tese, a ordem dos fatores em questão não altere a reação final, deve-se respeitar o procedimento de forma a minimizar possíveis erros analíticos. Obedecer ao padrão estabelecido pela metodologia possibilita comparações com análises realizadas em outras locais.

> Todas as metodologias adotadas pelo seu laboratório devem estar de acordo com métodos padronizados pelo *Standard methods for the examination of water and wastewater*.

Discutimos os cuidados que se deve ter no laboratório tanto para segurança pessoal como para a confiabilidade dos resultados das análises. Agora vamos discutir as análises laboratoriais para medição de diferentes parâmetros.

Principais análises físico-químicas e microbiológicas de esgotos

Listar as análises físico-químicas e microbiológicas que são realizadas e os métodos utilizados na ETE em que você trabalha?

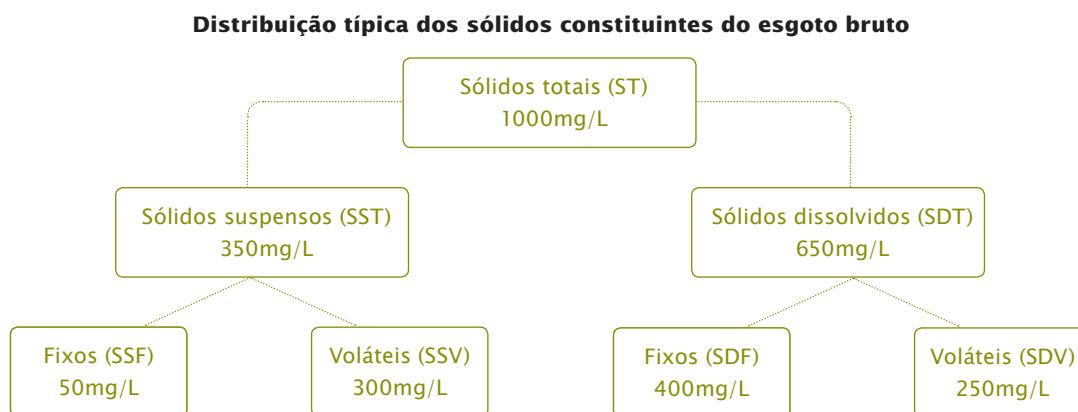
Análises	Métodos utilizados

Vamos discutir as análises físico-químicas!

Análises físico-químicas

Série de sólidos

Definição: Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Os sólidos são classificados de acordo com o seu tamanho (suspensão ou dissolvidos), suas características químicas (fixo ou voláteis) e sua sedimentabilidade (sedimentável ou não sedimentável). A figura a seguir apresenta a distribuição típica dos sólidos constituintes do esgoto.

Distribuição típica dos sólidos constituintes do esgoto bruto

Fonte: adaptado de von Sperling, 2005

As análises de sólidos são importantes para o controle de processos físicos e biológicos do tratamento de esgotos.

Princípio das análises

Sólidos totais constituem todo o material residual em cápsula de porcelana após a evaporação de toda a água em banho-maria e em estufa a 105°C.

> Para **sólidos totais** a faixa de contribuição ***per capita*** varia de 120 a 220 g/hab.dia, sendo o valor típico de 180 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 700 e 1350 mg/L, sendo o valor típico 1.100 mg/L

Sólidos suspensos totais constituem todo o material residual retido no filtro (porosidade 0,45 - 1,2 μm) após evaporação da água (em estufa, a 105°C). Por meio de pesagem do papel de filtro, tem-se a massa dos sólidos em suspensão, que, dividida pelo volume da amostra, fornece a concentração (mg/L).

> Para **sólidos em suspensão** a faixa de contribuição *per capita* varia de 35 a 70 g/hab.dia, sendo o valor típico de 60 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 200 e 450 mg/L, sendo o valor típico 350 mg/L

Sólidos dissolvidos totais constituem todo o material que passa com o filtrado. São obtidos pela evaporação do líquido filtrado em estufa.

Aparelho de filtragem

Estufa de secagem

Sólidos fixos são os sólidos de qualquer uma das análises acima (sólidos totais, sólidos em suspensão ou dissolvidos) após serem submetidos em mufla a uma temperatura elevada de 500°C +/- 50°C. O que permanece após a combustão é a fração não oxidada que corresponde a uma estimativa da fração inorgânica dos sólidos.

Mufla

Sólidos voláteis são os sólidos após a extração do valor de sólidos fixos. Correspondem a uma estimativa da fração orgânica dos sólidos.

Sólidos sedimentáveis são as partículas capazes de sedimentar no período de uma hora. São medidos no cone Imhoff, onde a amostra preenche o volume de 1L. A concentração de sólidos sedimentáveis é expressa em mL/L.

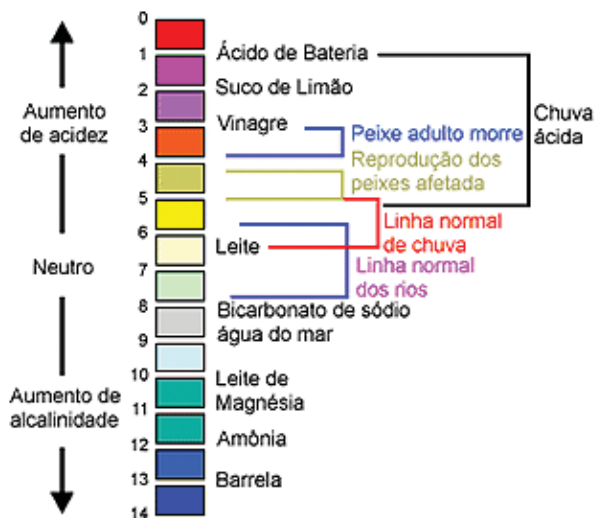
Sólidos não sedimentáveis constituem a fração que não se sedimenta.

> Para evitar erros durante a análise de sólidos, deve-se homogeneizar muito bem o frasco de coleta durante a transferência da alíquota para o procedimento analítico, a fim de a sub-amostragem permanecer íntegra. Devem-se respeitar também as temperaturas e o tempo de exposição necessário para cada tipo de análise de sólidos.

pH (Potencial hidrogeniônico)

Definição: Concentração de íons hidrogênio H^+ em escala antilogarítmica. Indica condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade do meio.

Princípio da análise: O princípio básico da medição do pH é a atividade dos íons H^+ pela medição potenciométrica, usando-se um eletrodo padrão de hidrogênio. O eletrodo de hidrogênio consiste de um eletrodo de platina atravessado por uma bolha com gás hidrogênio a 101 kPa de pressão. A força eletromotiva produzida no eletrodo varia linearmente com o pH. A relação linear é descrita pela plotagem da medição em comparação ao pH em diferentes tampões, sendo o pH da amostra é determinado pela extrapolação.

A figura a seguir apresenta a escala de pH.

Em relação ao tratamento de esgotos, valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos e variações do pH influenciam o equilíbrio de compostos químicos. Em relação aos cursos d'água, valores elevados ou baixos podem indicar a presença de efluentes industriais.

Alcalinidade

Definição: Alcalinidade é a medição da capacidade de o esgoto neutralizar ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH).

Importância: A alcalinidade é uma determinação importante no tratamento de esgotos, quando há evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração.

P**rincípio da análise:** A análise de alcalinidade tem como fundamento os íons hidróxidos presentes nas amostras, provenientes de dissociação ou hidrólise de solutos que reagem com ácido padrão. O método de alcalinidade depende, então, do pH.

A determinação da alcalinidade de uma amostra para um volume de ácido padrão requer titulação que indica o pH do ponto de inflexão. A titulação pode ser a base potenciométrica ou a base de indicador de pH.

> Processos oxidativos (como a nitrificação) tendem a consumir alcalinidade, a qual, caso atinja valores baixos, pode levar a uma diminuição do pH com potencial prejuízo à microbiota responsável pela oxidação.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Definição: O OD indica o grau de arejamento do esgoto, sendo de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso todo o oxigênio seja consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com possível geração de maus odores.

O OD é vital para os seres aquáticos aeróbios e o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejo orgânico, sendo bastante utilizado no controle operacional de estações de tratamento de esgoto e na caracterização dos cursos d'água.

Métodos de análises

Dois métodos são descritos para a análise de OD: o método de Winkler ou iodométrico e o método eletrométrico que utiliza eletrodo de membrana.

Iodométrico: A análise é fundamentada na adição de solução de manganês bivalente seguido de base forte. Nessas condições, o OD oxida, rapidamente e em quantidade equivalente, o manganês bivalente, levando-o a um estado de valência maior. Na presença de íons de iodo em solução ácida, o manganês oxidado volta para o estado bivalente, com uma liberação de iodo equivalente à concentração inicial de OD. O iodo é, então, titulado com solução padrão de tiossulfato.

O ponto de inflexão da titulação pode ser detectado visualmente com indicador à base de amido ou eletrometricamente, com técnicas potenciométricas. A detecção visual do ponto de inflexão pode chegar a ± 50 µg/L de precisão, e a detecção eletrométrica do ponto de inflexão pode chegar a ± 5 µg/L de precisão.

O teste iodométrico é a análise mais precisa e confiável para detecção de OD.

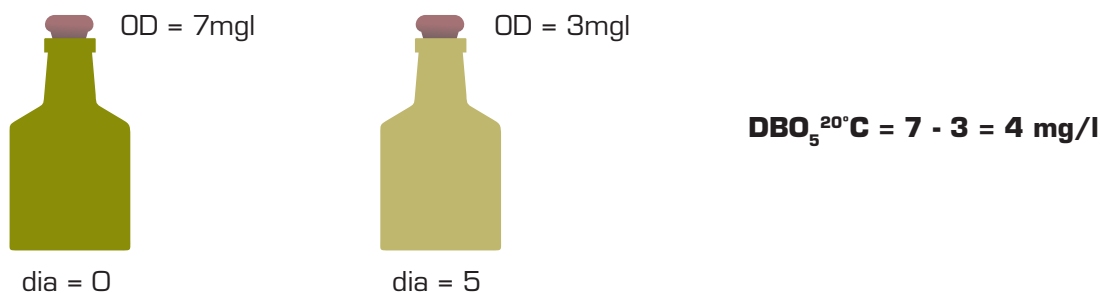
Eletrodo de Membrana: A análise se fundamenta na utilização de um eletrodo com membrana sensível a oxigênio. O eletrodo é constituído de dois sólidos metálicos em contato com suporte eletrolítico separado da solução teste por uma membrana seletiva. Os eletrodos de membrana disponíveis comercialmente podem alcançar precisão de ± 0,1 mg OD / L.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Definição: Medida indireta da matéria orgânica biodegradável. A DBO é um teste empírico no qual um procedimento padronizado em laboratório é usado para determinar o consumo de oxigênio que um volume de esgoto exerce em um período de tempo pré-determinado. O teste mede o oxigênio utilizado para degradação bioquímica da matéria orgânica, sendo freqüentemente utilizado para avaliar a eficiência de sistemas de tratamento de esgoto.

Ressalta-se que a matéria orgânica presente nos corpos d' água e nos esgotos é a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica.

Para Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO) a faixa de contribuição ***per capita*** varia de 40 a 60 g/hab.dia, sendo o valor típico 50 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 250 e 400 mg/L, sendo o valor típico 300 mg/L.

Princípio da análise: O teste de DBO é realizado em frasco cheio de amostra, que é vedado e incubado a 20°C por um período determinado. O oxigênio dissolvido é medido antes e depois da incubação, e a DBO corresponde à diferença entre a concentração de oxigênio inicial e a concentração de oxigênio no final do período de incubação. Como o período de estabilização da matéria orgânica é longo, para análise de rotina foi padronizada incubação durante 5 dias, chamada então de DBO_5, como exemplificado na figura a seguir.

A quantidade de OD requerida para a DBO de esgoto excede a quantidade de oxigênio disponível no frasco. Portanto é necessário diluir a amostra antes da incubação para que a demanda por oxigênio e o seu abastecimento tenham um balanço apropriado. A água de diluição deve conter nutrientes e ser tamponada para permitir o desenvolvimento dos microrganismos.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Definição: Medida indireta de matéria orgânica biodegradável e não biodegradável. A DQO é a quantidade de oxigênio necessário para a oxidação química de toda a matéria orgânica da amostra.

A DQO e a DBO são os parâmetros de maior importância na caracterização do grau de poluição de um curso d'água. A avaliação do cumprimento aos padrões de lançamento se baseia nesses dois parâmetros.

Para Demanda Química do Oxigênio (DQO) a faixa de contribuição ***per capita*** varia de 80 a 120 g/hab.dia, sendo o valor típico 100 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 450 e 800 mg/L, sendo o valor típico 600 mg/L.

Métodos de análises

O método de refluxo aberto é adequado para uma ampla faixa de amostras. Os *métodos de refluxo fechado* são mais econômicos na utilização do reagente sal metálico e, geralmente, deixam uma quantidade menor de resíduos perigosos, mas requerem homogeneização das amostras que contêm sólidos suspensos para que se obtenha reprodutibilidade dos resultados. A análise de DQO exige rigor na medida do volume da amostra, bem como dos reagentes.

Método de refluxo aberto: A maioria dos compostos orgânicos são oxidados a quente com uma mistura de cromo e ácido sulfúrico. A amostra é tratada em solução de ácido forte com um excesso de dicromato de potássio. Depois da digestão, o dicromato de potássio remanescente que não foi reduzido é titulado com sulfato ferroso amoniacal para determinar a quantidade de dicromato de potássio consumido e estimar a matéria oxidada pelo oxigênio.

Método de refluxo fechado, colorimétrico: Durante a digestão da amostra o íon dicromato oxida o material orgânico da amostra. Este resulta na mudança do cromo do estado hexavalente (VI) para o estado trivalente (III). Ambas as espécies de cromo são coloridas e absorvem determinada região da luz visível do espectro. O íon dicromato absorve mais fortemente a região de 400 nm, onde o íon cromo (III) absorve muito menos. A absorção do íon cromo III é mais forte na região 600 nm, onde o dicromato tem a absorção de, aproximadamente, zero. Para DQO, valores entre 100 e 900 mg/L são determinados pela presença de cromo III na região 600 nm. Valores de DQO maiores que essas concentrações devem ser diluídas. O método de refluxo fechado titulométrico é similar ao método de refluxo aberto.

Nanômetro (nm) equivale a $1,0 \times 10^{-9}$ metros. É uma unidade de comprimento do SI (Sistema Internacional), comumente usada para medição de comprimentos de onda de luz visível (400 nm a 700 nm), radiação ultravioleta, radiação infravermelha e radiação gama, entre outras.

Série Nitrogenada

Definição: No esgoto, as formas de nitrogênio de maior interesse são, em ordem decrescente de estado de oxidação: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), íon amônio (NH_4^+), amônia livre (NH_3), nitrogênio orgânico e molecular (N_2).

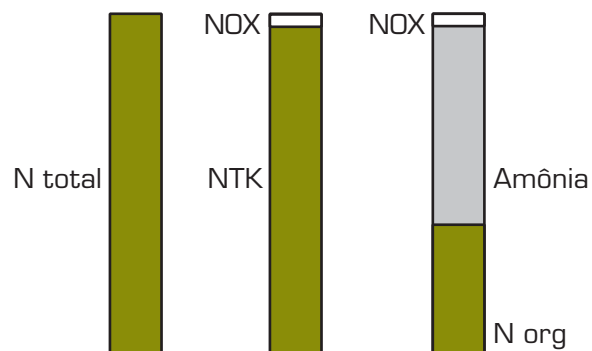
De maneira geral, o nitrogênio é um elemento importante para a poluição das águas devido à sua participação no crescimento das algas, podendo, em condições de excesso, desencadear o processo de eutrofização; à oxidação total da amônia a nitrito e deste a nitrato consome oxigênio (nitrificação); o nitrato quando em excesso na água pode provocar doenças como metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul); a amônia livre é diretamente tóxica aos peixes.

Além disso, o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgoto.

A seguir apresentamos a forma predominante do nitrogênio de acordo com o estágio da poluição de um curso d'água e de acordo com algumas condições de tratamento em uma ETE.

Condição	Forma predominante de nitrogênio
Esgoto bruto	Nitrogênio orgânico e amônia
Poluição recente	Nitrogênio orgânico e amônia
Poluição intermediária	Nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato
Poluição remota	Nitrato
Efluente de tratamento sem nitrificação	Nitrogênio orgânico (concentrações menores) e amônia
Efluente de tratamento com nitrificação	Nitrato
Efluente de tratamento com nitrificação/desnitrificação	Concentrações mais reduzidas de todas as formas de nitrogênio

A figura ao lado mostra de forma esquemática a distribuição do nitrogênio no esgoto bruto. Analiticamente, o nitrogênio orgânico e a amônia podem ser determinados juntos, constituindo o Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).

Princípio das análises

Nitrogênio total: O nitrogênio total pode ser determinado pela digestão oxidativa de todas as formas de nitrogênio para a forma de nitrato, seguido da sua quantificação.

> Para **Nitrogênio total** as faixas para de contribuição ***per capita*** varia de 6,0 a 10,0 g/hab.dia, sendo o valor típico 8,0 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 35 e 60 mg/L sendo o valor típico 45 mg/L.

Método UV/digestão e oxidação de persulfato com fluxo injetado: Os compostos de nitrogênio são digeridos e oxidados a nitrato pelo uso de persulfato em meio alcalino, aquecido e radiação ultra-violeta. Ocorre a digestão da amostra, quando o nitrato é reduzido a nitrito pela coluna de cádmio granulado. O nitrito é determinado pela diazotação com sulfonamida, em condições ácidas, para forma de íon diazônio. O íon diazônio é acoplado com N^{-}(1 naftil) etilenodiamina dihidrocloreto, que resulta em uma coloração rosa com absorbância de 540 nm e proporcional ao nitrogênio total. Este método recupera aproximadamente todas as formas de nitrogênio.

> **Absorbância:** Propriedade de absorver líquidos, raios luminosos e gás.

Método persulfato: Determina o nitrogênio total pela oxidação de todos os compostos de nitrogênio a nitrato. A amônia, o nitrato e o nitrito devem ser determinados individualmente e o nitrogênio orgânico pode ser obtido pela diferença. O método é fundamentado na oxidação alcalina em 100 a 110°C convertendo nitrogênio orgânico e inorgânico a nitrato. O nitrogênio total é determinado pela análise do nitrato digerido.

Nitrogênio amoniacal: O fator principal, que influencia a seleção do método de detecção de nitrogênio amoniacal, é a concentração e a presença de interferentes. No geral, a determinação manual direta de baixas concentrações de amônia é destinada para efluentes com boa capacidade de nitrificação. Se houver presença de interferentes, será necessária a utilização de uma destilação preliminar da amostra para garantir uma maior precisão aos resultados.

> Para **nitrogênio amoniacal** a faixa de contribuição ***per capita*** varia de 3,5 a 6,0 g/hab.dia, sendo o valor típico 4,5 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 20 e 35 mg/L sendo o valor típico 25 mg/L.

Os métodos de determinação de amônia podem ser: titulométrico, eletrodo seletivo de amônia, eletrodo seletivo de amônia usando-se aditivos e o fenato.

A Nesslerização é utilizada como método padrão. A destilação e a titulação são utilizadas especialmente para as concentrações de nitrogênio amoniacal acima de 5 mg/L. Utiliza-se ácido bórico como solução absorvedora seguida de destilação.

O método do eletrodo seletivo de amônia é aplicado à faixa de concentração de 0,03 a 1400 mg/L de amônia.

O método manual de fenato é aplicado para faixa de 0,6 mg amônia. Deve-se destilar com ácido sulfúrico como solução absorvedora. O método automático de fenato é aplicado para faixa de 0,02 a 2,0 mg/L de amônia.

O fundamento da análise de amônia é minimizar a hidrólise de cianatos e compostos orgânicos nitrogenados pela adição de tampão borato (pH = 9,5) na amostra. Na seqüência, destila-se a amostra em solução absorvedora de ácido bórico para o método de titulação, e em solução de ácido sulfúrico para o método de fenato. A amônia destilada é determinada também pelo método colorimétrico para o método de fenato ou método titulométrico com padrão de ácido sulfúrico com indicador ou pHmetro. A escolha entre o método colorimétrico ou titulométrico depende da concentração da amônia.

Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK): Corresponde à fração de amônia e nitrogênio orgânico da amostra. À presença de ácido sulfúrico, sulfato de potássio e sulfato de cobre, ocorre a conversão catalítica de nitrogênio orgânico a íon amônio. A amônia livre também é convertida a íon amônio. Na seqüência, torna-se o meio alcalino para converter o íon amônio a amônia e destila-se a amostra em solução absorvedora de borato ou ácido sulfúrico, determinando-se a amônia. Em concentrações baixas (menor que 2 mg/L), utiliza-se o método colorimétrico. Quando a concentração excede 2 mg/L, utiliza-se o método titulométrico.

Para **Nitrogênio orgânico** a faixa de contribuição *per capita* varia de 2,5 a 4,0 g/hab.dia, sendo o valor típico 3,5 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 15 e 25 mg/L sendo o valor típico 20 mg/L.

Nitrito: Em pH baixo, o nitrito reage com um radical amino da sulfonamida, formando um sal de diazônio que se acopla ao N-(1 naftil) etilenodiamina dihidrocloreto formando coloração rosa avermelhada. A cor produzida é proporcional ao nitrito.

Nitrato: O nitrato é reduzido quantitativamente ao nitrito na presença de cádmio. O nitrito produzido é, então, determinado após diazonização com sulfonamida e complexação com N-(1 naftil) etilenodiamina dihidrocloreto formando coloração rosa a avermelhada, medida por colorimetria.

Fósforo total

Definição: Em efluentes domésticos, o fósforo apresenta-se na forma inorgânica (polifosfato e ortofosfato) proveniente de detergente e outras substâncias químicas domésticas e na forma orgânica (ligada a compostos orgânicos) com origem fisiológica. Outra forma de classificação é em relação aos sólidos, sendo o fósforo solúvel (maioria inorgânico) e o fósforo particulado (todo orgânico).

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e para o crescimento de algas, podendo, em certas condições, desencadear o processo de eutrofização.

> Para **fósforo total** a faixa de contribuição per capita por habitante por dia varia de 0,7 a 2,5 g/hab.dia, sendo o valor típico 1,0 g/hab.dia. A sua concentração em esgoto varia entre 4 e 15 mg/L sendo o valor típico 7 mg/L.

Princípio da análise

A análise de fósforo inclui dois procedimentos gerais: conversão de fósforo à forma ortofosfato dissolvido e a sua determinação colorimétrica.

O fosfato que responde ao teste colorimétrico sem **hidrólise** preliminar ou digestão oxidativa da amostra é chamado de fósforo reativo.

A hidrólise ácida a quente converte o fosfato dissolvido e particulado para ortofosfato. O fósforo total (dissolvido e suspenso) pode ser dividido analiticamente em três tipos que podem ser descritos como: reativo, ácido-hidrolisável e fósforo orgânico.

Como o fósforo pode ocorrer em combinação com a matéria orgânica, o método da digestão é necessário para converter o fósforo orgânico a ortofosfato para a quantificação do fósforo total. Há dois tipos principais de digestão. O método de *digestão pelo ácido perclórico* é recomendado para amostras com sedimentos. O método de digestão pelo *ácido nítrico – ácido sulfúrico* é recomendado para a maioria das amostras.

Hidrólise: Reação da água sobre um composto com fixação de íons hidrogênio e/ou de íons hidroxila.

Óleos e Graxas

Definição: Materiais recuperados como substâncias solúveis em solvente orgânico (hexano). Incluem o material extraído de amostras acidificadas. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados nas comidas.

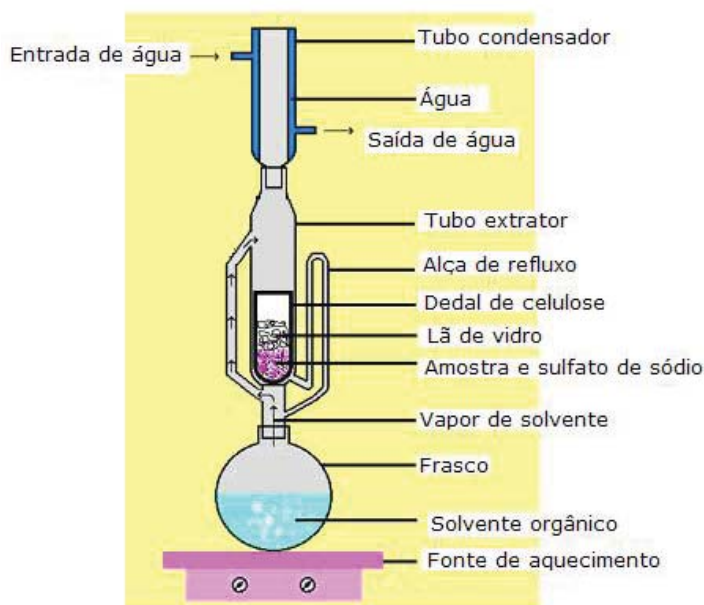
Os compostos de óleos e graxas influem em um sistema de tratamento de esgoto por interferir nos processos biológicos aeróbios e anaeróbios, diminuindo a eficiência do tratamento.

Métodos de análises

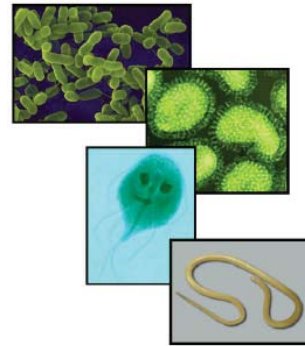
Dois métodos são descritos para a análise de OD o método de Winkler ou iodométrico e o método eletrométrico que utiliza eletrodo de membrana.

Gravimétrico: Os óleos e graxas dissolvidos ou emulsificados na extração devem ter um contato íntimo com o solvente orgânico. A recuperação do solvente deve ser realizada para evitar a emissão de vapores para a atmosfera e reduzir o custo.

Infravermelho: A utilizaçao de triclorotrifluoretano com o solvente extrator permite leitura da absorbância da ligação carbono-hidrogênio em infravermelho para medição de óleos e graxas.

Extração Soxhlet: O emulsificador metálico solúvel é hidrolisados por acidificação. Alguns óleos e graxas mais viscosos devem passar por filtração. Depois da extração no aparato Soxhlet com solvente, o resíduo remanescente depois da evaporação é pesado e, assim, determina-se o conteúdo de óleos e graxas. Os compostos que se volatilizam abaixo de 103º C são perdidos durante a secagem.

Vamos agora discutir as análises microbiológicas!

Análises microbiológicas

Alguns dos microrganismos encontrados nos esgotos podem ser patogênicos, ou seja, podem provocar doenças. Os principais grupos de organismos que afetam a saúde pública são: bactérias, vírus, protozoários e helmintos.

Você se lembra quais são os tipos de transmissão de doenças e as formas de prevenção? Preencha o quadro abaixo para relembrar.

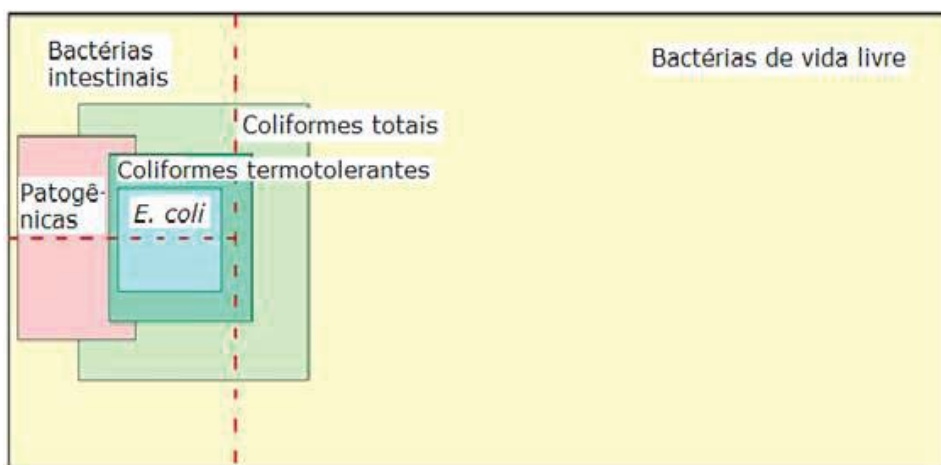
Grupo de doenças	Principais doenças	Formas de transmissão	Formas de prevenção
Transmissão feco-oral			
Associada a água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre na água).			
Transmitidas por vetores relacionados com a água			
Helmintos transmitidos pelo solo			

A detecção dos agentes patogênicos é extremamente difícil, dessa forma as análises microbiológicas utilizam organismos indicadores de contaminação fecal ao invés da detecção direta do organismo patogênico, que ocorrem em concentrações mais baixas e exigiriam um volume maior de amostra.

Os principais organismos indicadores de contaminação fecal utilizados são: os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli*. Esses organismos são usados como indicadores da eficiência de remoção de patógenos no processo de tratamento de esgotos.

Os **coliformes fecais** são um grupo de bactérias indicadoras de organismos predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais. Esse grupo tem como organismo predominante a *Escherichia coli* e em menor concentração espécies do gênero *Klebsiella*, *Enterobacter e Citrobacter*. O teste é realizado a uma elevada temperatura, objetivando a supressão de bactérias de origem não fecal, no entanto, é possível a presença dessas bactérias (de vida livre). Por esta razão, prefere-se denominar os coliformes fecais de **coliformes termotolerantes**, pelo fato de serem bactérias que resistem as altas temperaturas, mas não necessariamente fecais.

A **Escherichia coli** corresponde à maioria dos organismos do grupo coliforme termotolerantes, sendo abundante nas fezes humanas e de animais. A Escherichia coli é a única bactéria que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, no entanto, a sua detecção não dá garantia de que a contaminação seja humana, já que a E. *coli* pode ser encontrada em fezes de outros animais.

A seguir apresentamos a representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal.

A faixa de concentração típica para esgotos domésticos é de $10^6 - 10^9$ NMP de **coliformes termotolerantes** /100 mL de amostra e $10^6 - 10^9$ NMP de *Escherichia coli* / 100 mL de amostra.

É importante ressaltar que todas as análises microbiológicas devem ser realizadas utilizando-se local estéril (capela de fluxo laminar ou **bico de bunsen**), vidraria esterilizada e meio de cultivo esterilizado para evitar a contaminação das amostras. Geralmente, os materiais para as análises microbiológicas são esterilizados ao calor úmido em autoclave.

Bico de bunsen é um aparato para aquecimento de materiais não inflamáveis. Ao redor do fogo do bico de bunsen, é criado um ambiente estéril (livre de microrganismos). Na ausência de capela de fluxo laminar, deve-se trabalhar com amostras biológicas bem próximas do bico de bunsen.

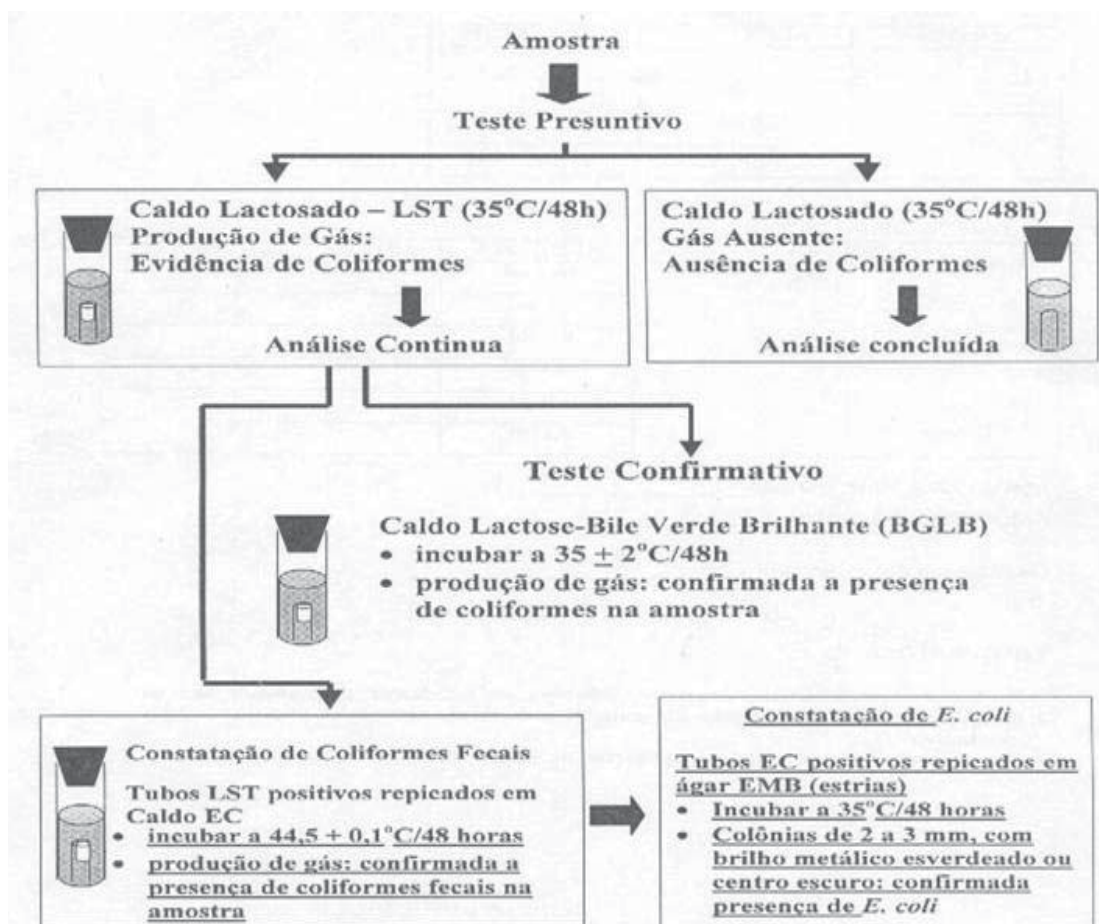
Princípio do método tubos múltiplos

A técnica fermentativa dos tubos múltiplos é usada para definir o grupo de todos os bastonetes facultativos anaeróbicos, gram negativos, não formadores de esporos e que fermentam lactose produzindo gás a $35 \pm 0{,}5°C$ (coliformes totais) e a $44 \pm 0{,}5°C$ (coliformes termotolerantes).

A técnica dos tubos múltiplos resulta da análise de réplica de tubos e diluições relatadas em termos de número mais provável (NMP) da presença de organismos. Esse número é baseado em fórmula de probabilidade da estimativa da densidade da amostra. A precisão do método depende do número de tubos utilizados. Uma informação mais satisfatória deve ser obtida quando uma grande quantidade de amostra inoculada na análise mostrar gás em algum ou todos os tubos, sendo que as amostras mais diluídas não devem apresentar gás na maioria dos tubos. A densidade de bactérias é estimada com o auxílio da tabela NMP (*Standard Methods*) baseada na distribuição de Poisson (aleatória).

Os tubos utilizados na **técnica dos tubos múltiplos** se não forem bem homogeneizados podem subestimar os resultados.

A investigação da densidade de coliformes no esgoto deve considerar uma série de tubos com diluição decimal apropriada da amostra (múltiplos e submúltiplos de 10 mL), baseada na probabilidade de densidade de coliformes. Para se determinarem as diluições a serem utilizadas deve-se realizar um **teste presuntivo** e, depois, realizar a série completa. Segue um esquema sobre a técnica dos tubos múltiplos.

Teste presuntivo é o teste que apresenta as possibilidades de os microrganismos serem ou não do grupo coliforme.

Princípio do método das membranas filtrantes

Baseia-se na passagem de um volume conhecido de amostra pela membrana filtrante que retém bactérias. A membrana deve ser colocada em um meio de cultura em uma placa de Petri. Cada bactéria retida pelo filtro se desenvolve e forma uma unidade formadora de colônia (UFC). O número de coliformes presentes em uma amostra é determinado pela contagem das colônias, e esse valor é expresso em termos de número por 100 ml de amostra.

O que define o grupo coliforme são bastonetes anaeróbios facultativos, gram negativos não formadores de esporos que desenvolvem colônias com brilho metálico (dourado) em 24h a 35±0,5°C em meio de cultivo Endo (M-Endo) contendo lactose.

O meio de cultivo M-Endo é usado para o grupo coliforme e o meio M-FC para coliformes fecais.

A estimativa da densidade de coliformes por essa técnica se dá de acordo com a seguinte equação:

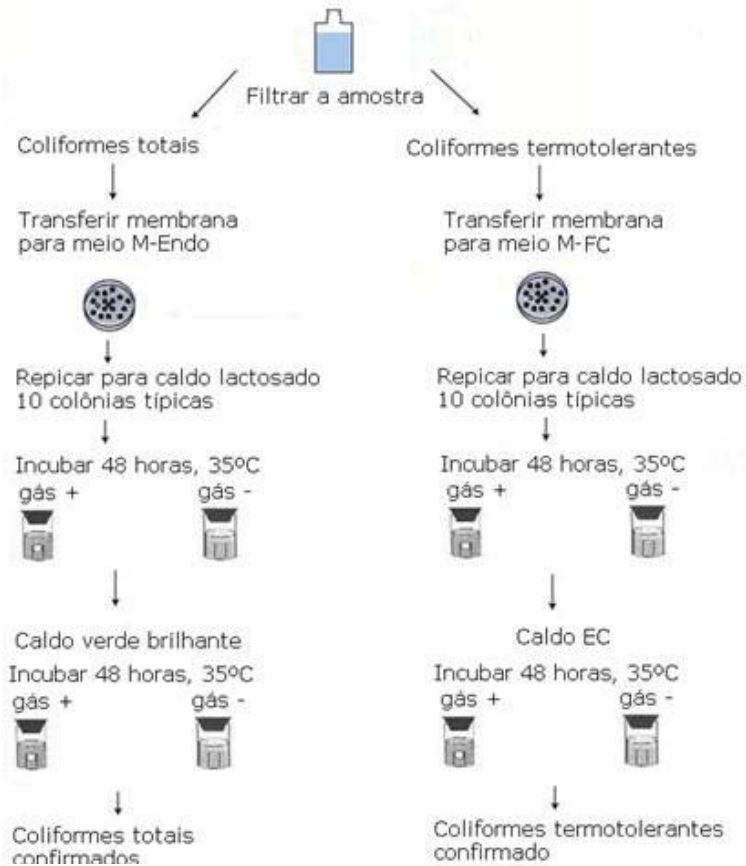
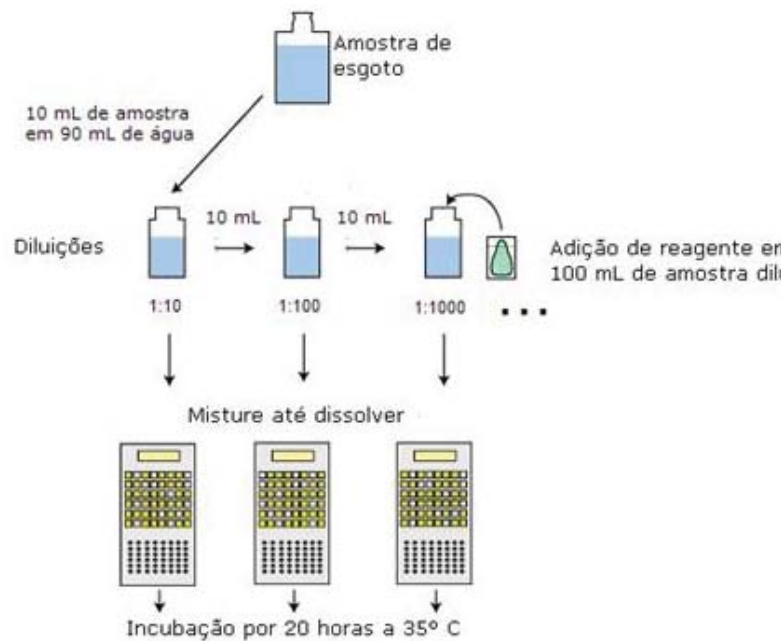
Coliformes/100 mL = nº de colônias coliformes x 100 / volume da amostra filtrada (mL)

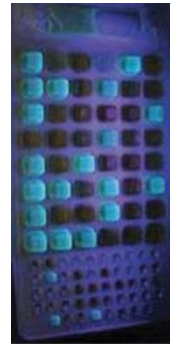
O esquema 1 ao lado representa a técnica de membrana filtrante.

Princípio do método enzima-substrato

Os substratos cromogênicos evidenciam a atividade da enzima β-galactosidase (coliformes totais) e β-glicuronidase (*Escherichia coli*).

Ao substrato é adicionado a 100 mL da amostra ou das diluições. Na seqüência, é distribuído em cartela com quantidade determinada de poços, como mostrado no esquema 2 ao lado.

Esquema 1: Método de membrana filtrante

Esquema 2: Método de enzima-substrato

A atividade β-galactosidase para o teste de coliformes totais resulta em coloraçao amarela e a atividade da β-glicuronidase para o teste específico de *Escherichia coli* resulta em fluorescência, como mostra as figuras a seguir.

Coliformes totais

Coliformes termotolerantes

Ovos de helmintos

Um parâmetro importante para a engenharia sanitária é a detecção de ovos de helmintos no esgoto. Existem vários tipos de organismos e os parâmetros microbiológicos usuais não representam o risco patogênico de organismos mais resistentes no ambiente, como é o caso de ovos de helmintos.

Princípio do método de Bailenger modificado

A detecção de ovos de helmintos em amostras baseia-se em sua sedimentação por um período de 24 horas, seguida de lavação da amostra por centrifugações com soluções que oxidam e clarificam a matéria orgânica. Utiliza-se, também, solução de densidade aproximadamente idêntica à de vários ovos de helmintos (sulfato de zinco 33%) para **flotação** e observação do ovo na superfície da câmara de MacMaster, com auxílio de microscopia de luz, como ilustrado na figura a seguir.

Remoçao de sobrenadante após periodo de sedimentaçao

Centrifugaçao da amostra

Separaçao das fases da amostra (tampao aceto acético e éter)

Homogeneizaçao da amostra com sulfato de zinco em vortex

Transferência de sedimento homogeneinizado para câmara de MacMaster

Observaçao de ovos em microscópio em objetivas de 10X e 40X

Flotação consiste no processo de separação das partículas de uma mistura com micropartículas sólidas, mediante o arraste de partículas de um tipo, mas não de outro.

Prática de laboratório

Agora que revisamos sobre os princípios das análises de alguns parâmetros de caracterização do esgoto, vamos ver algumas análises físico-químicas e microbiológicas no laboratório.

Discutimos os princípios das análises dos parâmetros mais importantes para a caracterização físico-química e microbiológica de amostras de esgotos. Vamos abordar agora a interpretação dos resultados obtidos nas análises laboratoriais.

Interpretação dos resultados

Como você costuma analisar e interpretar seus resultados?

Os resultados obtidos durante as análises devem ser avaliados e interpretados sempre de forma crítica. O emprego de cálculos estatísticos pode contribuir para melhor avaliação dos resultados obtidos.

O laudo com os resultados das análises deve conter: o responsável pela coleta da amostra; o laboratório e o técnico responsável pela análise; a data e o horário de coleta e de processamento da amostra; a descrição da amostra e do ponto de coleta; o método analítico empregado; o limite de detecção do método quando for o caso e tudo o que for relevante relacionado à amostragem e a análise.

É importante ter sempre em mente que os resultados obtidos durante as análises servirão para controle e tomadas de decisão. Desta forma, sempre que houver dúvidas com relação aos resultados obtidos, estes devem ser reavaliados, e as análises refeitas, caso necessário.

Atividade em grupo...

Vamos analisar e interpretar dados de monitoramento de estações de tratamento de esgotos.

Encerramento

Estamos encerrando as nossas atividades. É o momento de refletirmos sobre o que estamos levando da oficina de capacitação e se as nossas expectativas iniciais foram contempladas.

É também um bom momento para refletirmos sobre o nosso papel como profissionais e também como cidadãos. Para isso, propomos a leitura do texto a seguir.

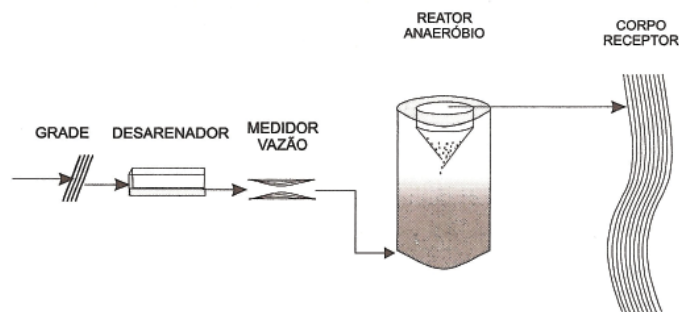
Para ler e refletir...

Saneamento e cidadania

Os serviços de saneamento, além de constituírem ações de saúde pública e de proteção ambiental, podem ser vistos como uma meta social. São, portanto, direito do cidadão e dever do Estado. Nesse contexto, nosso papel como cidadãos e, sobretudo, como profissionais da área de saneamento é participar da definição de políticas e diretrizes das ações de saneamento, e, ao mesmo tempo, trabalhar, da melhor forma possível, para proporcionar as condições adequadas de salubridade ambiental a toda a população, especialmente àquelas menos favorecidas. Alguns desses aspectos participam dos princípios norteadores das diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007) que, entre outros assuntos, estabelecem que a política nacional de saneamento básico deve adotar a bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento de suas ações.

Para finalizar nossa oficina, vamos responder novamente as questões colocadas no início do guia. Será que as respostas de hoje serão diferentes das respostas do início da oficina?

Reformulação da situação do dia a dia

Considere que ao final do dia, você precisou comparar os resultados das análises de alguns dos parâmetros monitorados em uma Estação de Tratamento de Esgotos com o seguinte fluxograma.

Fonte: Adaptado Von Sperling (2005)

Amostra	Parâmetro (mg/L)					
	Amônia			Alcalinidade		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Afluente reator UASB	43	30	32	219	213	210
Afluente reator UASB	35	39	48	273	276	268

a) Qual a importância do mesmo para a qualidade da água e para a saúde pública?

....

....

....

a) Os resultados das análises foram coerentes? Justifique.

....

....

....

b) Quais fatores podem ter afetado os resultados das análises?

....

....

....

Chegamos ao final da oficina. Esperamos que os conteúdos trabalhados tenham contribuído para atualizar e aprimorar os seus conhecimentos sobre amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos, e sobretudo para mostrar a importância dessas atividades para o meio ambiente e para a saúde pública

Para saber mais...

APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*20 ed. Washington: 1998. 1268 p.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde Manual de Saneamento, 3.ed. Brasília, 2006.

Castro, A. A; Costa, A. M. L. M., Chernicharo, C. A. L; Von Sperling, E. ; Möller, L. M. Heller, L. Casseb, M. M. S. ; Von Sperling, M. Barros, R. T. V. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, v. 2. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 1995.

Chernicharo, C. A. L. Reatores Anaeróbios. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 5, 2.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2007.

Macedo, J. A. B. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas, 3.ed. CRQ - MG 2005.

Neves, D. P. Parasitologia Humana, 10.ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2004.

Tortora, G. J.; Funke, B. R.; Case, C. L. Microbiologia, 6.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.

Von Sperling, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.1, 3.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2005.

ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C. A. L. Metodologias para quantificação, identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em esgotos brutos e tratados. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Coordenador); *Pós- tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Aspectos Metodológicos. PROSAB 2*, Belo Horizonte, 2001. 107p.